



JGEOTEC 2024

VII Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro

Palácio da Fazenda

Centro - Rio de Janeiro

2 a 4 de dezembro de 2024

VOLUME DE ANAIS





INSTITUIÇÕES ORGANIZADORAS





REALIZAÇÃO



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



FINANCIAMENTO



ORGANIZAÇÃO E EDIÇÃO DO VOLUME DE ANAIS

Editor

EDITORA IVIDES

Parceiro

GEOPARTNERS



ANAIS DA VII JORNADA DE GEOTECNOLOGIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

JGEOTEC 2024

Rio de Janeiro, Brasil
02 a 04 de dezembro de 2024

Organizadores

Raquel Dezidério Souto

Rafael Silva de Barros

Evelyn Castro Porto Costa

João Bosco de Azevedo

Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

Carla Bernadete Madureira Cruz

Vinicius da Silva Seabra

Rômulo Weckmüller

Palácio da Fazenda

Rio de Janeiro

2024

FICHA TÉCNICA

Edição do e-Book

Editora IVIDES (56.127.866/0001-12)

Local de edição

Rio de Janeiro

Ano de edição

2024

ISBN

978-65-985676-0-6

Capa

Palácio da Fazenda. Centro. Rio de Janeiro. RJ.

Fotografia de Florent Abel (09 abr. 2024). Licença: CC BY-SA 4.0 International.

[Link para a imagem](#)



BY



NC



ND

Licença deste e-Book: CC BY-NC-ND 4.0 International

Esta licença permite o *download* desta obra e seu compartilhamento, desde que seja feita a atribuição, mas não permite a alteração de seu conteúdo, de qualquer forma. A sua utilização para fins comerciais está vedada para terceiros. É permitido citar parte dos textos sem autorização prévia, desde que seja identificada a fonte. [Resumo da Licença](#) | [Texto Legal](#)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14428169>

Catálogo na publicação (CIP)

S532a Anais / 7. Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, realizado no Rio de Janeiro, RJ, 2 a 4 de dezembro de 2024 / Organização de Raquel Dezidério Souto et al. Rio de Janeiro: Editora IVIDES, 2024.

1 recurso online (816 p.) : il. Color.

Inclui bibliografias

Modos de acesso:

<https://jgeotec.com.br/>

<https://minerva.ufrj.br>

<https://ivides.org/livros>

Publicação digital (e-book) no formato PDF.

ISBN: 978-65-985676-0-6

1. Geotecnologias. 2. Cartografia – Tecnologias. 3. Geociências – Tecnologias. 4. Geoprocessamento – Tecnologias. 5. Sensoriamento remoto. 6. Análise de séries temporais. I. Souto, Raquel Dezidério (Org.). II. JGEOTEC. III. UFRJ. IV. IBGE. V. ENCE. VI. UERJ. VII. UFF. VIII. UFRRJ. IX. Título.

CDU: 91:6

Bibliotecário: Marcelo Reis Lobato – CRB 7º/5226

Publicação digital – Brasil

1ª edição – Dezembro – 2024

ISBN: 978-65-985676-0-6

Aviso legal: os textos assinados nesta obra, tanto no que diz respeito à linguagem como ao conteúdo, são de inteira responsabilidade dos autores e autoras, não expressando necessariamente o pensamento da editora. Eventuais falhas encontradas devem ser comunicadas imediatamente aos autores(as), por meio do e-mail indicado no cabeçalho do capítulo ou diretamente à editora, enviando mensagem para: ivides@ivides.org.

A violação dos direitos do autor (Lei n.º 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

SUMÁRIO

VII JORNADA DE GEOTECNOLOGIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Palácio da Fazenda - Rio de Janeiro

02 a 04 de dezembro de 2024

Como utilizar este e-Book - Clique na seção desejada ou no número da página abaixo para ver o conteúdo. Para voltar ao Sumário, clique no link que aparece no cabeçalho das páginas ([SUMÁRIO](#)).

--- <u>PREFÁCIO</u>	<u>7</u>
--- <u>COMISSÕES E EQUIPES</u>	<u>8</u>
<u>Comissão organizadora</u>	<u>8</u>
<u>Comissão científica</u>	<u>8</u>
<u>Comissão de volume de anais</u>	<u>8</u>
<u>Comissão de divulgação</u>	<u>9</u>
<u>Comissão de minicursos</u>	<u>9</u>
<u>Comissão de certificados</u>	<u>9</u>
<u>Corrida de Orientação</u>	<u>9</u>
<u>I Olimpíada de Geoinformação na Educação</u>	<u>9</u>
<u>Avaliação de trabalhos</u>	<u>9</u>
--- <u>AUTORES E AUTORAS</u>	<u>11</u>
--- <u>TEMÁTICAS E PROGRAMAÇÃO DO EVENTO</u>	<u>14</u>
<u>Eixos temáticos</u>	<u>14</u>
<u>Programa principal</u>	<u>14</u>
<u>Programa dos minicursos</u>	<u>15</u>
<u>Programa das sessões orais</u>	<u>16</u>
<u>Programa das sessões de pôsteres</u>	<u>19</u>
--- <u>ÍNDICE DE TRABALHOS</u>	<u>31</u>

PREFÁCIO

A Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro (JGEOTEC) é um evento iniciado em 2011, no Rio de Janeiro, nas dependências da UFRJ, com o objetivo de promover o debate sobre os estudos baseados nas geotecnologias e na geoinformação de grupos de pesquisa localizados nas universidades públicas do estado. O evento vem sendo realizado no estado do Rio de Janeiro, alternando-se a instituição anfitriã, recebendo trabalhos de todo Brasil e do exterior, sempre relacionados à temática principal. Mesmo recebendo contribuições de pós-graduandos, professores, profissionais e pesquisadores, o evento tem um importante pilar na participação de estudantes de graduação, buscando, em suas edições recentes, atender às demandas de professores da educação básica e contribuir para a formação continuada destes e de outros profissionais.

Com essas características, a JGEOTEC se configura como uma importante iniciativa para a integração entre os programas de pós-graduação no estado do Rio de Janeiro, promovendo discussões importantes sobre os avanços na área e divulgando as linhas de pesquisas para alunos interessados em desenvolver sua carreira acadêmica. Além da apresentação de trabalhos, palestras e mesas redondas, minicursos, cases comerciais e outras atividades, o evento promove tradicionalmente a Corrida de Orientação.

A VII JGEOTEC, organizada em parceria entre a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE-IBGE), ocorreu nos dias 25 e 26 de novembro, para os minicursos; 29 de novembro, para a Corrida de Orientação; e 02 a 04 de dezembro de 2024, para as mesas redondas, sessões orais e de pôsteres e cases comerciais, realizados presencialmente no Palácio da Fazenda, localizado no Centro do Rio de Janeiro, na Av. Pres. Antônio Carlos, 375, com entrada do evento pela Rua Debret, Portão 4. Nesta sétima edição, foram realizados minicursos presenciais, nos *campi* das universidades parceiras e na ENCE/IBGE, além dos remotos. A corrida de orientação foi realizada na Ilha do Fundão, no campus da UFRJ. E, por fim, cabe destacar a realização da I Olimpíada de Geoinformação na Educação, estimulando a participação de docentes do ensino básico e estudantes.

Todas as mesas, trabalhos e cases apresentados cobriram uma grande diversidade na ciência de geoinformação, desde a cartografia, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, sempre nas mais diversas vertentes e temas inovadores.

Comitê Organizador da VII JGEOTEC



**Prof. Dr. Rafael Silva
de Barros (UFRJ)**



**Profa. Dra. Elizabeth M.
F. da R. de Souza (UFRJ)**



**Prof. Dr. João Bosco
de Azevedo (ENCE-IBGE)**



**Profa. Dra. Evelyn de C.
Porto Costa (UFRJ)**

COMISSÕES E EQUIPES



COMISSÃO ORGANIZADORA

Rafael Silva de Barros (UFRJ)

Elizabeth Maria F. da Rocha de Souza (UFRJ)

João Bosco de Azevedo (IBGE)

Carla Bernadete Madureira Cruz (UFRJ)

Evelyn de Castro Porto Costa (UFRJ)

Felipe Gonçalves Amaral (UFRJ)

Izabelle de Oliveira (IBGE)

Manoel do Couto Fernandes (UFRJ)

Paulo Márcio Leal de Menezes (UFRJ)

Rita Maria Cupertino Bastos (UFRJ)

Emanuel Francisco Santos do Nascimento (UFF)

Edwin Vicente Carrillo Varon (UFRJ)

COMISSÃO CIENTÍFICA

Carla Bernadete Madureira Cruz (UFRJ)

Rômulo Weckmüller (UFF)

Raúl Sánchez Vicens (UFF)

Rita Maria Cupertino Bastos (UFRJ)

Rafael Silva de Barros (UFRJ)

João Bosco de Azevedo (IBGE)

Mayara do Nascimento Ramos (UFRJ)

COMISSÃO DE VOLUME DE ANAIS

Raquel Dezidério Souto (IVIDES DATA e UFRJ)

Rafael Silva de Barros (UFRJ)

Evelyn Castro Porto Costa (UFRJ)

João Bosco de Azevedo (IBGE)

Elizabeth Maria F. da Rocha de Souza (UFRJ)

Carla Bernadete Madureira Cruz (UFRJ)

Vinicius da Silva Seabra (UERJ)

Rômulo Weckmüller (UFF)

COMISSÃO DE DIVULGAÇÃO

Vandré Soares Viegas (UFRJ)
Paula Maria Moura de Almeida (UFF)
Izabelle de Oliveira (IBGE)
Gael Florença de Pinho Pereira (UFF)

Steffi Munique Damasceno dos Reis Vieira (UFF)
Aretha Rodrigues Eufrazio de Freitas (UFF)
Rafael Silva de Barros (UFRJ)

COMISSÃO DE MINICURSOS

Iara Silveira do Nascimento (UFRJ)
Debora da Paz Gomes Brandão Ferraz (UFF)
Monika Richter (UFF)

Valeria Lima (UFRJ)
Aretha Rodrigues Eufrazio de Freitas (UFF)

COMISSÃO DE CERTIFICADOS

Vinícius da Silva Seabra (UERJ)
Phillipe Valente Cardoso (UERJ)
Isabela Habib Canaan da Silva (UERJ)

CORRIDA DE ORIENTAÇÃO

Isabela Habib Canaan da Silva (UERJ)
Diego Viana Gomes (UFRJ)

I OLIMPÍADA DE GEOINFORMAÇÃO NA EDUCAÇÃO

Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza (UFRJ)

AValiação DE TRABALHOS

Revisão final dos textos

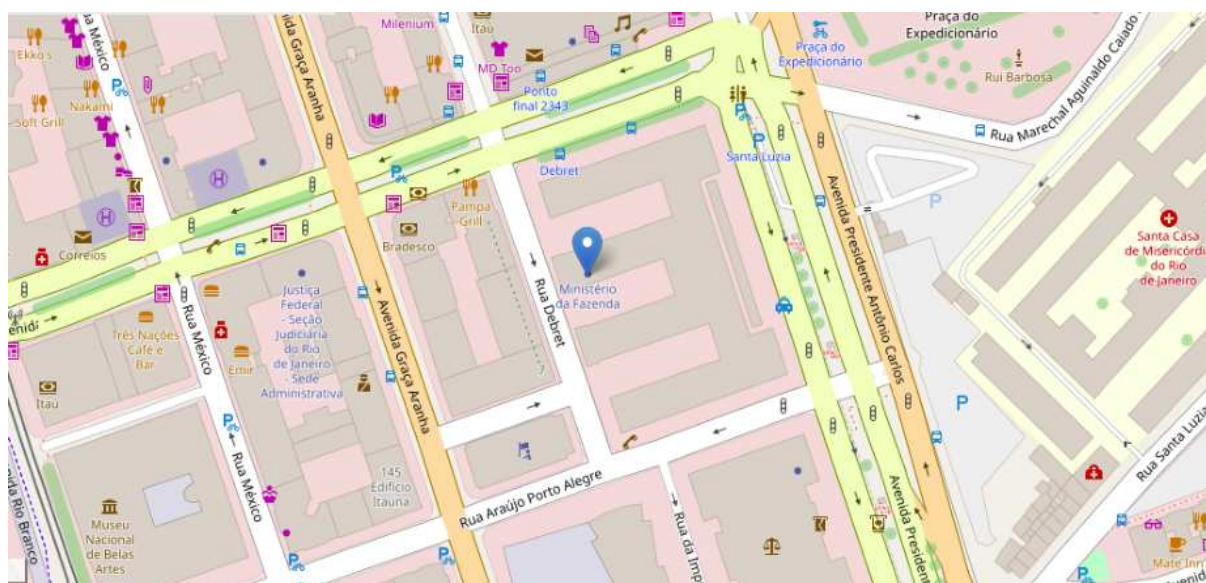
Raquel Dezidério Souto (UFRJ e IVIDES DATA)

Avaliadores e avaliadoras

Alexandre José Almeida Teixeira (IBGE)
Camila da Silva Vieira (UFF)
Carla Cristina R. Gímenes de Sena (UNESP)
Carla Bernadete Madureira Cruz (UFRJ)
Cristiane Nunes Francisco (UFF)
Daniela Fernanda da Silva Fuzzo (UEMG)

Danielle Pereira Cintra (UFF)
Debora Ferraz (UFRJ)
Diego Vicente Sperle da Silva (UFRJ)
Dionísio Costa Cruz Júnior (IBGE)
Elizabeth Maria Feitosa da R. de Souza (UFRJ)
Evelyn de Castro Porto Costa (UFRJ)

Fábria Antunes Zaloti (UFRJ)	Patricia Luana Costa Araújo (UFRJ)
Fabiana Peres de Freitas (UFRJ)	Patrick Calvano Kuchler (UERJ)
Fabiane Bertoni dos Reis (UERJ)	Paula Maria Moura de Almeida (UFF)
Fábio Ferreira Dias (UFF)	Paulo Márcio Leal de Menezes (UFRJ)
Felipe Gonçalves Amaral (UFRJ)	Phillipe Valente Cardoso (UERJ)
Felipe Mendes Cronemberger (IBGE)	Pietro Meirelles Brites (UFRJ)
Felix Carriello (UFF)	Rafael Balbi Reis (IBGE)
Fernando de Souza Antunes (UFRJ)	Rafael Lopes da Silva (SPU)
Francisco Carlos Moreira Gomes (UFRJ)	Rafael Silva de Barros (UFRJ)
Gabriel dos Santos Duarte (UFRJ)	Raquel Dezidério Souto (UFRJ e IVIDES DATA)
Guilherme Borges Fernandez (UFF)	Raúl Sánchez Vicens (UFF)
Gustavo Mota de Sousa (UFRRJ)	Ricardo Tavares Zaidan (UFJF)
Iara Silveira do Nascimento (UFRJ)	Rita Maria Cupertino Bastos (UFRJ)
Isabela Habib Canaan da Silva (UERJ)	Rodrigo Batista Lobato (UERJ)
Jonas Ramos Pimentel (UFRJ)	Rômulo Weckmüller (UFF)
Julia Celia Mercedes Strauch (UFF)	Sandra Mara Alves da Silva Neves (UNEMAT)
Juliana Menezes (UFF)	Tainá Laeta (UFRJ)
Leonardo Scharth Loureiro Silva (UFF)	Tatiana de Sá Freire Ferreira (UFRJ)
Levindo Cardoso Medeiros (IBGE)	Thiago dos Santos Leal (Prefeitura de Niterói)
Luciana Temponi (IBGE)	Thiago Gonçalves Pereira (UERJ)
Manoel do Couto Fernandes (UFRJ)	Valeria Lima (UEM)
Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella (UFRJ)	Vandré Viégas (UFRJ)
Marcus Vinícius Alves de Carvalho (UFF)	Vinícius Seabra (UERJ)
Mikaella Pereira dos Santos (UFRJ)	Vivian Castilho da Costa (UERJ)
Monika Richter (UFF)	Wellington Marins Coutinho Firmino (UFRJ)



Localização do Palácio da Fazenda. Centro. Rio de Janeiro. Brasil. Contribuidores do OpenStreetMap.

<https://www.openstreetmap.org/#map=18/-22.907757/-43.173593>

AUTORES E AUTORAS

Adinan Marzulo Maia Martins	Camila Nascimento Alves da Silva
Adriene dos Santos Duarte	Carla Bernadete Madureira Cruz
Alessandra Svonka Palmeiro	Carla Medeiros Langoni
Alex Rodrigues da Silva Junior	Carlos Eduardo Gomes Benevides
Alexandre Alcazar Plácido Teixeira	Carlos Renato Meirelles
Alexandre Barreiros Martins	Carolina Bastos
Alexandre M. O. S. da Paz	Carolina Paulino Novaes Dias
Alice Ayres de Jesus	Cássia de Castro Martins Ferreira
Allan Pires Fernandes Cardoso	Cássio P. Magalhães
Amanda Coelho Azambuja	Catharina Delfi Penna Figueiredo
Amanda Lacerda Reis	Cézar Henrique Barra Rocha
Amanda Lago de Souza Lugon	Clara Araujo Farag
Ana Carolina Lopes Thurler de Queiroz	Claricia B. Pinho
Ana Luísa Lima Silvestre da Silva	Cláudio João Barreto dos Santos
Ana Paula Vasconcelos Gonçalves	Clauzionor Lima da Silva
André da Silva de Jesus	Dafne Godoy
André Santos da Rocha	Daniel Lopes Pimenta
André Souza Silva Junior	Daniel Marques de Abreu
Andréa Diniz da Silva	Daniel Medina Correa dos Santos
Andrews José de Lucena	Daniel Ribeiro Gomes Di Salvo
Andreza de Souza Dias	Daniel Thomé da Costa
Angelline Maciel Bulla	Darlan Souza Nery dos Santos
Anna Carolina Santos Vieira de Oliveira	Davi Afonso Boechat
Anna Clara de Abreu Amorim	David Santos Rodrigues
Aretha Rodrigues Eufrásio de Freitas	Débora Andressa Rodrigues Ferreira Lima
Armando David Simbine Júnior	Debora da Paz Gomes Brandão Ferraz
Bárbara Coelho de Andrade	Diego Douglas Monsorens Andrade
Bárbara Costa Lima	Diogo Parreira Lapa
Beatriz Abreu Machado	Edite Moraes da Costa
Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira	Eduardo S. Jangutta
Beatriz Costa de Jesus	Eduardo Thomaz de Aquino Ribeiro
Beatriz Cristina Pereira de Souza Pinto	Edwin Vicente Carrillo Varon
Beatriz de Almeida Nóbrega	Elias dos Santos Silva
Beatriz Mourão Lopes	Elisabete do Nascimento Rocha
Bernardo B. Martins	Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza
Brendo Leonardo Brandão de Oliveira	Evandro da Silva Guimarães Rodrigues
Breno dos Santos Coutinho Pereira	Evelyn de Castro Porto Costa
Bruna Andrade dos Santos Lobo	Fábia Antunes Zaloti
Bruno Araújo Furtado de Mendonça	Fabiana Peres de Freitas
Bruno Sá Guedes	Fábio Carlos Cavalcante de Aguiar
Caio Cesar Barros Pereira	Fábio da Silva Lima
Camila Azevedo de Andrade	Felipe Garcia Porath

Felipe Gonçalves Amaral	João Manenga Daniel
Felipe Pacheco Silva	João P. P. Leonardo
Felix Carriello	João Pedro das Neves Cardoso Pedreira
Fernanda Faria Rodrigues da Silva	João Regis dos Santos Filho
Fernando Estiges Toledo Schimidt	Jonathan Oliveira Bastos
Fernando Nóbrega de Moraes	Jorge Felipe Euriques
Filipa Manuela Santos Franco	José Diego da Silva Tavares
Francisco Carlos Moreira Gomes	José Francisco Azevedo Cabral
Francisco da Silva Tiburcio	José Lucas Gomes Barbosa
Francisco de Assis Dourado da Silva	Joyce Carla Pereira Gomes
Gabriel A. Rocha	Julia Celia Mercedes Strauch
Gabriel Alvarenga Rocha	Júlia da Silva Rodrigues
Gabriel da Rosa Bragança	Júlia de Medeiros Estevão de Melo
Gabriel de Oliveira Alves	Julio Majerowicz Maneschky
Gabriel dos Santos Lopes	Karen Nicolay de Oliveira
Gabriel Furtunato	Larissa de Oliveira Silva
Gabriel Nogueira	Leonardo Junius Chapeta Santos
Gabriela Cantuária Nobre Andrade	Letícia Ambrósio de Azevedo Moda
Gabriele R. Mack	Letícia de Oliveira Leite Marques
Gisele Medeiros	Letícia de Oliveira Rangel
Gleide Alencar Nascimento Dias	Liz B. C. Belém
Guilherme Borges Fernandez	Luan Martins Pereira Pontes
Guilherme Christian Chaia Lopes	Luana Ribeiro Garcia
Guilherme Fenelon da Sena Machado	Lucas de Oliveira
Guilherme Matheus da Cruz Mendes Vieira	Lucas Lanzaro Reis
Guilherme Matoso Mendonça	Luiz Guimarães Barbosa
Guilherme Requiell Martins	Mahathma Aguiar Barreto
Gustavo Mota de Sousa	Maiara Rabello Pereira
Haillany Silva de Souza	Manoel do Couto Fernandes
Hanna D. Cunha	Marcella Ximenes Rodrigues
Heitor Soares de Farias	Marcelly Neiva da Silva
Helena Saraiva Koenow Pinheiro	Marcelo Correa Motta Roriz
Hiago Dalia Oliveira	Marcelo Mendes da Fonseca Uberty
Ian Monteiro Nunes	Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão
Iara Silveira do Nascimento	Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella
Igor Leite da Silva	Márcio Rocha Francelino
Ingrid Costa e Silva Feitosa	Marcos Vinicius de Souza Leu
Isabel Patricia Martins Baêta Guimarães	Maria Clara Lira Santos
Isabela Habib Canaan da Silva	Maria Fernanda dos Santos Fialho
Jackeline Andrade Pereira Franco Mattos	Maria Manuel Serra Cruz Martins
Jedielso Sales de Souza	Maria Naíse de Oliveira Peixoto
Jessica Miranda dos Santos	Mariana Aparecida Calheiros Amorim
Jéssica Pinheiro Nunes	Mateus Emanuel Miranda Oliveira
João Felipe Vasconcellos Ávila	Matheus Duarte Stelkler
João Gabriel Tiburcio de Araujo	Matheus Lima de Oliveira

Mayara de Souza Lopes	Renato da Silva Lopes
Mayara do Nascimento Ramos	Ricardo Tavares Zaidan
Miguel N. F. Conforto	Rita Maria Cupertino Bastos
Mikaella Pereira dos Santos	Roberto Marques Neto
Monika Richter	Rodrigo França
Moniqui dos Santos Mattos	Rodrigo Luiz Sampaio
Nicolle Nunes Santos	Rômulo Montan Costa
Niel Renan Nielsen Nascimento	Silvio Barge Bhering
Nilson Rendeiro Pereira	Steffi Munique Damasceno dos Reis Vieira
Olívia Rosa Gomes	Suelen Medeiros Castro de Oliveira
Otávio Rocha Leão	Suyane Silva
Pablo Simões	Suzana Beatriz Vinzon
Pamella Oliveira da Silva	Suze Nei Pereira Guimarães
Paola Nogueira da Silva	Tainá Laeta
Patricia Luana Costa Araújo	Tainá Moreira da Silva
Patrick Calvano Kuchler	Tatiana de Sá Freire Ferreira
Paula Maria Moura de Almeida	Tatiane Louvis de Rezende
Paulo Jorge Vaitsman Leal	Thaina Felix de Brito
Paulo Márcio Leal de Menezes	Thais Baptista da Rocha
Pedro Costa da Silva	Thallyta Shigeko Kobayashi Lameu
Pedro José de Oliveira Machado	Thamiris Gatti Souza
Pedro José Fernandes	Thiago Gonçalves Pereira
Pedro Rangel Nunes da Rocha	Victor Damasceno Pimentel Guímaro
Phillipe Valente Cardoso	Victor Hugo Pinto Ferreira
Pietro Meirelles Brites	Vinicius da Silva Seabra
Priscilla Azevedo dos Santos	Vitor Ottoni Pastore
Rafael Albuquerque Xavier	Vitor Sbeghi
Rafael Alvarado Matuk Ferreira	Vitória Bernardes
Rafael Machado Corrêa	Vivian Castilho da Costa
Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira	Waldir de Carvalho Júnior
Rafael Silva de Barros	Wallace Araujo Ayres
Randy Rodrigo Gonçalves dos Santos	Wellington Marins Coutinho Firmino
Raphael Daniel de Menezes	Williane Vasconcelos e Gisele Medeiros
Raphael William Calheiros Pereira	Willy César Veiga Souza
Raúl Sánchez Vicens	Yan Carlos Gomes Vianna
Rayane Marques Rodrigues Lima	Yan Costa Perissé Pereira
Renata da Silva Rodrigues Gonçalves	Yasmin Vegele Pinheiro

TEMÁTICAS E PROGRAMAÇÃO DO EVENTO

EIXOS TEMÁTICOS

Eixo 1 - Cartografia digital e Web

Eixo 2 - Cartografia histórica e toponímias

Eixo 3 - Cartografia lúdica, escolar e geotecnologias na educação básica

Eixo 4 - GNSS: aplicações nas geociências

Eixo 5 - RPAs/Drones: levantamentos de alta resolução

Eixo 6 - Geoprocessamento e análise espacial

Eixo 7 - Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos

Eixo 8 - Processamento e classificação de imagens de sensoriamento remoto

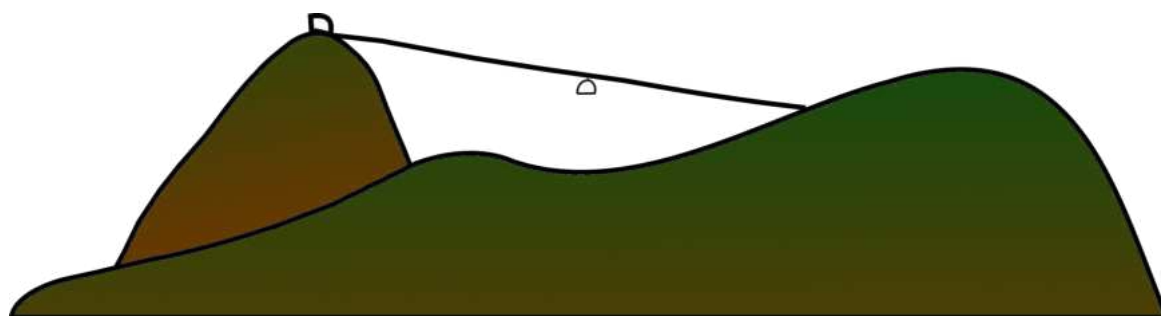
Eixo 9 - Análise de séries temporais e detecção de mudanças

PROGRAMA PRINCIPAL

HORÁRIOS	SEGUNDA 02/12/24	HORÁRIOS	TERÇA 03/12/24	QUARTA 04/12/24
A partir das 8h	Credenciamento	A partir das 8h	Credenciamento	Credenciamento
8:30 - 9:30	Café de recepção	8:30 - 9:30	Café de recepção	Café de recepção
9:30 - 10:00	Abertura do Evento IBGE e UFRJ	9:30 - 12:30	Mesa Temática: Censo Demográfico Claudio Egler (UFRJ) Gustavo Junger da Silva (IBGE) Aline Lopes Coelho (IBGE) Fernando Souza Damasco (IBGE)	Mesa Temática: Gestão Territorial Felipe C. Mandarino (IPP/Rio) Thiago dos Santos Leal (SMARHS/Niterói) Cristiane Gomes Carneiro (Duque de Caxias)
10:00 - 13:00	Mesa de abertura: Brazil Data Cube Julio César Dalla M. Esquerdo (Embrapa) Cassio Freitas Pereira de Almeida (IBGE) Karine Ferreira (INPE)			
13:00 - 14:30	Almoço	12:30 - 14:00	Almoço	Almoço
14:30 - 15:00	Case: Maxar Aplicações utilizando imagens de satélite – qual o limite?	14:00 - 15:30	Sessões orais Geoprocessamento e Análise Espacial RPAs/Drone: Levantamentos de alta resolução GNSS: aplicações nas Geociências	Sessões orais Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças
15:00 - 16:30	Sessões orais Cartografia Digital e Web Cartografia Histórica e Toponímias Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica	15:30 - 17:00	Coffee Break Sessão de pôster	Coffee Break Sessão de pôster
16:30 - 18:00	Coffee Break Sessão de pôster	17:00 - 18:00	Case: Hexagon Análise preditiva para gerenciamento de infraestruturas Case: Digimap Os desafios no atual mercado das geotecnologias para os novos profissionais	Encerramento do evento

PROGRAMA DOS MINICURSOS

HORÁRIOS	SEGUNDA 25/11/2024 – Duração: 4h		SEGUNDA - 25/11/2024 – Duração: 8h			
9:00- 13:00	Curso 1 Opendronemap e WEBODM como alternativa aberta ao processamento digital de imagens Edwin Varon e Rodrigo Sampaio (UFRJ) 8 vagas – UFRJ – Presencial	Curso 2 Mapeamento com OpenStreetMap e Criação de Mapa Web com uMAP Raquel Dezidério Souto (VIDES DATA e UFRJ) vagas - limite da plataforma – Remoto	Curso 6 Cartografia Histórica: Conceitos e Aplicações Paulo Menezes e Manoel Fernandes (UFRJ) 20 vagas – Remoto	Curso 7 Impressão 3D para construção de maquetes topográficas Gustavo Mota, Juliana Moulin e Victor Hugo Ferreira (UFRRJ) 15 vagas – UFRRJ-Seropédica – Presencial	Curso 8 Uso das Ferramentas Geo do IBGE (PGI, BDIA, BDG, INDE e SIDRA) João Bosco de Azevedo (IBGE) 20 vagas - ENCE/IBGE – Presencial	Curso 9 Introdução ao QGIS Gustavo Siqueira, Julio Cesar Tuller e Cândido Francisco Neto (IFF) 20 vagas IFF-Campos dos Goytacazes – Presencial
	Curso 3 Epistemologia da Cartografia Escolar e seus paradoxos Rodrigo Batista Lobato (FEBF-UERJ) 30 vagas – UERJ - Maracanã – Presencial	Curso 4 Produção de materiais cartográficos para escolares utilizando QGIS na sala de aula Iomara de Sousa, André Luis Soares e Ana Beatriz da Conceição (UFF – Angra dos Reis) 12 vagas – UFF-Angra – Presencial				
14:00 - 18:00						
18:00 - 22:00	Curso 5 Introdução ao QGIS Mikaela Pereira dos Santos (UFRJ) 20 vagas - UFF-Niterói – Presencial					
HORÁRIOS	TERÇA - 26/11/24 - 4h	TERÇA -26/11/24 - 8h				
9:00- 13:00	Curso 10 Introdução ao R para análise ambiental Wellington Firmino e Jonas Pimentel (UFRJ) 25 vagas – Remoto	Curso 13 Evolução da disponibilidade e do processamento de dados de Sensoriamento Remoto para análise ambiental Danielle Cintra e Cláudio Henrique Reis (UFF – Campos dos Goytacazes) vagas - limite da plataforma – Remoto	Curso 14 Noções de Estatística Espacial Gustavo da Silva Ferreira (IBGE) 20 vagas - ENCE/IBGE – Presencial	Curso 15 Técnicas de Machine Learning para Informações sobre Solos: Métodos e Aplicações Niriele Bruno Rodrigues (UFRRJ) 10 vagas – Remoto		
	Curso 11 Mapeamento de suscetibilidade a inundação com HAND Model André Luiz da Silva e Vivian Castilho (UERJ) vagas - limite da plataforma – Remoto					
14:00 - 18:00						
18:00 - 22:00	Curso 12 Globos Digitais e Ensino de Geografia Vinicius da Silva Seabra (FFP-UERJ) vagas - limite da plataforma – Remoto					



PROGRAMA DAS SESSÕES ORAIS

02 DE DEZEMBRO DE 2024

A Geoinformação na gestão de risco de base comunitária: uma análise a partir do Quilombo Santa Rita do Bracuí-RJ

Marcos Vinicius de Souza Leu, Pamella Oliveira da Silva, Darlan Souza Nery dos Santos, João Gabriel Tiburcio de Araujo, Paulo Jorge Vaitsman Leal e Monika Richter

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Análise toponímica comparativa dos mapas da Nova Lusitânia no contexto do encarte do Rio de Janeiro

Gabriel de Oliveira Alves, Letícia de Oliveira Leite Marques, Lucas Lanzaro Reis, Daniel Ribeiro Gomes Di Salvo, Tainá Laeta e Paulo Márcio Leal de Menezes

Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

Concepção e impressão de caixas de armazenamento de sensores de baixo custo para monitoramento ambiental em tempo real integrados à plataforma Vicon SAGA

Maria Clara Lira Santos

Eixo temático: Cartografia Digital e Web

Desenvolvimento de maquetes em Realidade Aumentada (RA) para disseminação do ensino de Geociências no Estado do Rio de Janeiro

Jéssica Pinheiro Nunes, Gabriel da Rosa Bragança, Thallyta Shigeko Kobayashi Lameu, Beatriz de Almeida Nóbrega e Gustavo Mota de Sousa

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Estado da arte da Fazenda Nacional de Santa Cruz e os desafios da regularização fundiária

Edite Moraes da Costa, Alessandra Svonka Palmeiro, Luiz Guimarães Barbosa, Thaina Felix de Brito e Marcelo Mendes da Fonseca Uberti

Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

03 DE DEZEMBRO DE 2024

Análise das variações de altura, para a compreensão de um processo de voçoramento nos anos de 2020 E 2022, em uma vertente da Bacia do Rio Iriri, em Magé/RJ, a partir de imagens de VANT

Wellington Marins Coutinho Firmino, Phillipe Valente Cardoso e Vinicius da Silva Seabra
Eixo temático: RPAs/Drone: Levantamentos de alta resolução

Análise espacial do índice de antropização por presença de elementos antrópicos (IAEA) no Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana-RJ

Yan Costa Perissé Pereira, Evelyn de Castro Porto Costa e Raúl Sánchez Vicens
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise microclimática no Município de Muriaé-MG: uma abordagem aplicada ao cálculo de potencial de aquecimento

Thamiris Gatti Souza, Pedro José de Oliveira Machado, Cássia de Castro Martins Ferreira, Yan Carlos Gomes Vianna e Francisco Carlos Moreira Gomes
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Avaliação da adoção do sistema de altitude normal com base no posicionamento por satélites no campus Seropédica da UFRRJ

Francisco da Silva Tiburcio e Alessandra Svonka Palmeiro
Eixo temático: GNSS: aplicações nas Geociências

Uso de SIG para a classificação do grau de dificuldade de trilhas no Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT)- RJ

Pedro Costa da Silva e Vivian Castilho da Costa
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

04 DE DEZEMBRO DE 2024

Análise da replicabilidade do modelo de mapeamento de áreas verdes intraurbanas baseado em multisensores

Mayara do N. Ramos, Amanda Lago de Souza Lugon, Rita Maria Cupertino Bastos, Patricia Luana Costa Araújo, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz
Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Comparação de dados radiométricos obtidos por sensor MSI/Sentinel-2 e câmera de *smartphone*

Priscilla Azevedo dos Santos e Igor Leite da Silva

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Detecção de supressão de Floresta Amazônica pelo avanço de mineração aurífera nas margens do Rio Peixoto de Azevedo com auxílio de sensoriamento remoto

Andreza de Souza Dias, Edwin Vicente Carrillo Varon, Anna Carolina Santos Vieira de Oliveira e Rafael Silva de Barros

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Identificação de favelas e comunidades urbanas na Zona Sul do Rio de Janeiro utilizando *Machine Learning*

Miguel N. F. Conforto, Bernardo B. Martins, Bruno Sá Guedes, Ian M. Nunes, Andréa D. da Silva, Marcelo R. A. Maranhão, Alexandre M. O. S. da Paz, Cássio P. Magalhães, Eduardo S. Jangutta, Gabriel A. Rocha, Jedielso S. de Souza, João P. P. Leonardo e Hanna D. Cunha

Método de extração de dados não estruturados da Google para análise do ritmo urbano

Carlos Eduardo Gomes Benevides, Patrícia Luana Costa Araújo, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos

Pizza temporal: uma proposta de representação temática para a evolução temporal de dados quantitativos - Estudo de caso de qualidade de água do Estado do Rio de Janeiro

Lucas de Oliveira e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

PROGRAMA DAS SESSÕES DE PÔSTERES

02 DE DEZEMBRO DE 2024

A cartografia histórica como ferramenta para reconstrução dos itinerários dos bondes elétricos na Cidade do Rio de Janeiro no Século XX

Adriene dos Santos Duarte, Cláudio João Barreto dos Santos e Renato da Silva Lopes
Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

A utilização do mapeamento como meio de estudo: a Bacia Hidrográfica do Rio Marimbondo e suas características

Alex Rodrigues da Silva Junior, Breno dos Santos Coutinho Pereira e Isabela Habib Canaan da Silva
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Águas divididas: monitoramento da vitalidade natural e o impacto urbano no rio Tinguá com utilização de drones

Suyane Silva, Carlos Renato Meirelles, Williane Vasconcelos e Gisele Medeiros
Eixo temático: RPAs/Drone: Levantamentos de alta resolução

Análise das assinaturas espectrais das espécies de mangue da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (RBG) por meio de dados de sensoriamento remoto hiperespectral aéreo

Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz
Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Análise de potencialidades e limitações do projeto de extensão universitária "DIG - Uma proposta de disseminação do geoprocessamento na geografia"

Vivian Castilho da Costa, Vitor Ottoni Pastore, Karen Nicolay de Oliveira e Guilherme Requieli Martins
Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Análise espacial da temperatura de superfície da Ilha do Fundão

Larissa de Oliveira Silva, Rodrigo Luiz Sampaio e Evelyn de Castro Porto Costa
Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Análise espacial do indicador de canais retilíneos em paisagens de wetlands

Catharina Delfi Penna Figueiredo, Evelyn de Castro Porto Costa e Raul Sanchez Vicens
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise geoespacial das unidades e dos estabelecimentos de saúde do Município do Rio de Janeiro, RJ

Fábio da Silva Lima, Fábiana Antunes Zaloti e Manoel do Couto Fernandes

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise morfoestrutural e morfotectônica da Bacia Hidrográfica do rio São Pedro (RJ): extração de métricas da paisagem a partir do modelo digital de elevação

Letícia Ambrósio de Azevedo Moda e Felipe Pacheco Silva

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise temporal da paisagem na Bacia do Córrego Igrejinha em Juiz de Fora-MG, com o uso do MapBiomias

Isabel Patrícia Martins Baêta Guimarães, Diogo Parreira Lapa e Francisco Carlos Moreira Gomes

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Aplicação de sonar de varredura lateral (SVL) para mapear e compreender a erosão costeira no Delta do Rio Paraíba do Sul, Brasil

João Manenga Daniel, João Regis dos Santos Filho, Mahathma Aguiar Barreto, Beatriz Abreu Machado, Thais Baptista da Rocha, Pedro José Fernandes e Guilherme Borges Fernandez

Eixo temático: RPAs/Drone: Levantamentos de alta resolução

Atividade didática de orientação espacial: uma proposta metodológica ao ensino de cartografia

Daniel Thomé da Costa, Tainá Laeta e Paulo Márcio Leal de Menezes

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Avaliação de modelos digitais de elevação e MDES modificados nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói

Rafael Alvarado Matuk Ferreira, João Felipe Vasconcellos Ávila e Paula Maria Moura de Almeida

Eixo temático: Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos

Avaliação do uso e cobertura da Terra nas bacias hidrográficas dos córregos do Arriero e Santana (Teresópolis, RJ) com uso do MapBiomias

Iara Silveira do Nascimento, Maria Naíse de Oliveira Peixoto e Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Classificação de imagens Landsat-8 para mapeamento de *wetlands* utilizando índices NDWI no Norte Fluminense-RJ

Mikaella Pereira dos Santos, Evelyn de Castro Porto Costa, Paula Maria Moura de Almeida e Raúl Sanchez Vicens

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Desenvolvimento de geotecnologias na educação: criando aplicativos para mapear problemas ambientais

Amanda Lacerda Reis, Francisco Carlos Moreira Gomes, Ana Carolina Lopes Thurler de Queiroz, Manoel do Couto Fernandes e Paulo Márcio Leal de Menezes

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Estado da arte do uso de sensores hiperespectrais no estudo de áreas de manguezais

Wallace Araujo Ayres, Rita Maria Cupertino Bastos e Carla Bernadete Madureira

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Geotecnologias e ludicidade: o uso de StoryMaps no ensino fundamental

Fabiana Peres de Freitas, Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella, Iara Silveira do Nascimento, Camila Nascimento Alves da Silva, André Souza Silva Junior e Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Indicadores geomórficos de desequilíbrio da Bacia Hidrográfica do Rio Verde em zona de cisalhamento neoproterozoica, Região de São Tomé das Letras (MG)

Luana Ribeiro Garcia, Clauzionor Lima da Silva, Felipe Garcia Porath, Júlia de Medeiros Estevão de Melo e Jessica Miranda dos Santos

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Jogos digitais como recursos didáticos na cartografia escolar

Caio César Barros Pereira e Evelyn de Castro Porto Costa

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Mapeamento de alagamentos com imagens Planet em bacias urbanas

Pablo Simões e Felix Carriello

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Mapeamento de cicatrizes de deslizamentos: um estudo da Bacia do Rio Bracuí, RJ

Pamella Oliveira da Silva, Debora da Paz Gomes Brandão Ferraz, Paulo Jorge Vaitsman Leal e Monika Richter

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Mapeamento de cobertura vegetal urbana utilizando NDVI no Município de Duque de Caxias-RJ

Allan Pires Fernandes Cardoso

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Mapeamento do indicador de desmatamento das paisagens da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana - RJ

Marcelly Neiva da Silva, Evelyn de Castro Porto Costa e Raul Sanchez Vicens

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Método de posicionamento por ponto preciso (PPP), relativo estático e RTK: uma avaliação de acurácia em um levantamento com rastreador GNSS de dupla frequência

Ana Luísa Lima Silvestre da Silva e Rafael Silva de Barros

Eixo temático: GNSS: aplicações nas Geociências

O Arco do desmatamento na Amazônia: uma análise espacial do papel das rodovias como vetor do desflorestamento

Fernanda Faria Rodrigues da Silva, Guilherme Christian Chaia Lopes, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

O crescimento urbano sobre ambiente de dunas no bairro do Foguete, Cabo Frio/RJ

Luan Martins Pereira Pontes e Thiago Gonçalves Pereira

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Segmentação semântica para identificação de feições morfológicas em favelas: um estudo exploratório no Complexo da Maré (RJ)

Guilherme Fenelon de Sena Machado, Wallace Araujo Ayres, Rita Maria Cupertino Bastos e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

"Tinha uma árvore no meio do caminho": uma análise espacial do verde urbano viário na RA Méier

Amanda L. de S. Lugon, Mayara do N. Ramos, Guilherme F. de S. Machado, Rita Maria C. Bastos, Patricia L. C. Araújo, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Uso de solo em Angra dos Reis entre os anos 1985 e 2022

Andreza de Souza Dias e Gleide Alencar Nascimento Dias

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

03 DE DEZEMBRO DE 2024

Análise bitemporal das mudanças de uso e cobertura da Terra em Maricá (RJ)

Beatriz Mourão Lopes, Beatriz Costa de Jesus, Moniqui dos Santos Mattos, Gabriela Cantuária Nobre Andrade e Phillipe Valente Cardoso

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Análise da distribuição espacial da vacinação de COVID-19 na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Jonathan Oliveira Bastos, Anna Clara de Abreu Amorim, Davi Afonso Boechat e Philipe Valente Cardoso

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise da relação entre potencialidade agrícola dos solos e desflorestamento na Amazônia Legal

Guilherme Christian Chaia Lopes, Fernanda Faria Rodrigues da Silva, Felipe Gonçalves Amaral, Haillany Silva de Souza e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise da temperatura superficial do Município de Espinho, Aveiro, Portugal

Evandro da Silva Guimarães Rodrigues, André da Silva de Jesus, Filipa Manuela Santos Franco, José Francisco Azevedo Cabral e Maria Manuel Serra Cruz Martins

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Análise de métodos de seleção de dados espectrais VIS-IR para mapeamento digital de água nos solos

Priscilla Azevedo dos Santos, Igor Leite da Silva, Helena Saraiva Koenow Pinheiro, Waldir de Carvalho Júnior, Nilson Rendeiro Pereira, Silvio Barge Bhering, Bruno Araújo Furtado de Mendonça e Marcio Rocha Francelino

Eixo temático: Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos

Análise espacial das áreas de interesse do Google Maps na Cidade do Rio de Janeiro

Fernando Estiges Toledo Schimidt, Felipe Gonçalves Amaral, Patricia Luana Costa Araújo e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise espacial e territorial das assimetrias de saneamento básico em Seropédica a partir do uso de geotecnologias

Julio Majerowicz Manesch, Gustavo Mota de Sousa e André Santos da Rocha

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise espaço-temporal das transições da Floresta Atlântica no contexto do Sudeste usando o MapBiomass

Maria Fernanda dos Santos Fialho, Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise integrada de dados geológicos e geomorfológicos para compreender a distribuição de *knickpoints*

Felipe Pacheco Silva e Letícia Ambrósio de Azevedo Moda

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise multitemporal do uso e cobertura da Terra e áreas protegidas na Floresta do Piraquara, Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro/RJ

Bárbara Costa Lima e Diego Douglas Monsorens Andrade

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Aplicação das imagens termais noturnas do sensor Aster na Cidade do Rio de Janeiro

Randy Rodrigo Gonçalves dos Santos e Andrews José de Lucena

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Avaliação espaço-temporal dos focos de incêndio no estado do Rio de Janeiro dos anos 2000 até 2022

Aretha Rodrigues Eufrásio de Freitas, Paula Maria Moura de Almeida e Daniel Medina Correa dos Santos

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Classificação supervisionada de imagem OLI/Landsat-8 usando o Google Earth Engine

Matheus Lima de Oliveira e Gustavo Mota de Sousa

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Construção de mapa tátil do JB-UFRRJ para pessoas com deficiência visual

Yasmin Vegele Pinheiro, Tainá Moreira da Silva e Gustavo Mota de Sousa

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Distribuição espacial de casos de feminicídio no Brasil de 2018 a 2021

Gabriele R. Mack, Clarícia B. Pinho, Vitória Bernardes e Gustavo Mota de Sousa

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Expansão da urbanização e a influência na temperatura do ar do Oeste Metropolitano: estudo de caso no bairro Fazenda Caxias - Seropédica - RJ

Mayara de Souza Lopes e Heitor Soares de Farias

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Identificação de favelas e comunidades urbanas na Cidade do Rio de Janeiro em imagens de satélite utilizando *Machine Learning*

Jedielso Sales de Souza, Andréa Diniz da Silva e Ian Monteiro Nunes

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Mapas tridimensionais como recurso didático no ensino de geografia

Victor Hugo P. Ferreira e Gustavo Mota de Sousa

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Mapeamento com ARPS: influência do número de pontos de controle na qualidade geoespacial de produtos cartográficos

David Santos Rodrigues, Niel Renan Nielsen Nascimento e Jorge Felipe Euriques

Eixo temático: RPAs/Drone: Levantamentos de alta resolução

Mapeamento da temperatura da superfície continental (TSC) no campus universitário da UFRRJ e no município de Seropédica entre 2001 a 2020

Gabriele R. Mack, Andrews José de Lucena e Liz B. C. Belém

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Mapeamento de cobertura e uso da terra no estado do Pará no ano de 2020 - Uma comparação com a cobertura e uso da Terra do IBGE disponibilizado na grade estatística

Edwin Vicente Carrillo Varon, Anna Carolina Santos Vieira de Oliveira, Andreza de Souza Dias e Rafael Silva de Barros

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Mapeamento multitemporal das mudanças de uso e cobertura da Terra de Xai Xai - Moçambique

Armando David Simbine Júnior, Beatriz Costa de Jesus, Beatriz Mourão Lopes, Guilherme Matheus da Cruz Mendes Vieira e Phillipe Valente Cardoso

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Os mapas da Viagem Filosófica e suas ligações com os mapas da Nova Lusitânia: monumentos geográfico-cartográficos portugueses

Lucas Lanzaro Reis, Beatriz Cristina Pereira de Souza Pinto e Paulo Márcio Leal de Menezes

Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

Potencialidades das plataformas Google Mars e Google Earth para o ensino de geografia

Júlia da Silva Rodrigues e Evelyn de Castro Porto Costa

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Regionalização da paisagem de King's Landing: uma leitura geográfica a partir do Mapa de Westeros

Débora Andressa Rodrigues Ferreira Lima e Vinicius da Silva Seabra

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Resgate histórico e geográfico dos limites da Freguesia de Jacarepaguá - Cidade do Rio de Janeiro

Gabriel Furtunato, Tainá Laeta e Paulo Márcio Leal de Menezes

Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

Tempo de deslocamento até o Centro do Rio de Janeiro usando análise de rede

Rodrigo Luiz Sampaio, Alice Ayres de Jesus e Rafael Silva de Barros

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Trabalho de campo como ferramenta de validação para mapas de uso e cobertura da Terra

Suelen Medeiros Castro de Oliveira e Isabela Habib Canaan da Silva

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Uso de realidade aumentada para a conscientização em relação a enchentes e deslizamentos no Rio de Janeiro

Marcella Ximenes Rodrigues, Carolina Bastos e Francisco de Assis Dourado da Silva

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Utilização do modelo matemático '*Thin Plate Spline*' (TPS) do QGIS para a correção geométrica e georreferenciamento de fotografias aéreas antigas distorcidas: um estudo de caso

Matheus Duarte Stelkier e Ricardo Tavares Zaidan

Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

04 DE DEZEMBRO DE 2024**Análise da alteração do uso da Terra à luz das legislações na represa Dr. João Penido, Juiz de Fora-MG, por Geoprocessamento**

Carla Medeiros Langoni, Diogo Parreira Lapa, Guilherme Matoso Mendonça, Hiago Dalia Oliveira, Olívia Rosa Gomes e César Henrique Barra Rocha

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Análise da distribuição de uso e cobertura da Terra no Município de Cachoeiras de Macacu-RJ

José Diego da Silva Tavares, Paola Nogueira da Silva, Victor Damasceno Pimentel Guimarães e Vinicius da Silva Seabra

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

Análise das transformações espaciais de áreas urbanas induzidas por grandes projetos industriais: o caso do Polo GasLub

Rafael Machado Corrêa e Vinicius da Silva Seabra

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise espacial da segregação residencial na Cidade do Rio de Janeiro

Alexandre Barreiros Martins, Ana Paula Vasconcelos Gonçalves e Julia Celia Mercedes Strauch

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise espacial dos blocos de exploração de hidrocarbonetos, pontos de perfuração e áreas especiais na Bacia da Foz do Amazonas, Pará-Maranhão e Barreirinhas

Alexandre Alcazar Plácido Teixeira, Leonardo Junius Chapeta Santos e Eduardo Thomaz de Aquino Ribeiro

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise espacial e o uso de dados do PRODES para a identificação da evolução do desmatamento na APA Triunfo do Xingu

Daniel Marques de Abreu, Gabriel dos Santos Lopes, Pedro Rangel Nunes da Rocha e Patrick Calvano Kuchler

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Análise geoespacial do desmatamento no Distrito de Itacuruçá no Município de Mangaratiba/RJ no período de 2016 e 2022, com ênfase na APA Mangaratiba

Brendo Leonardo Brandão de Oliveira e Monika Richter

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Aprendizagem baseada em jogos e o uso das geotecnologias na educação geográfica: o software QGIS como ferramenta metodológica para a geração de jogos que auxiliem no ensino de geografia

José Lucas Gomes Barbosa, Elias dos Santos Silva, Joyce Carla Pereira Gomes e Rafael Albuquerque Xavier

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Avaliação da rede de drenagem do alto curso do rio Guapiaçu: análise morfométrica e do uso e cobertura da terra

Tatiane Louvis de Rezende, Paola Nogueira da Silva, Nicolle Nunes Santos, Rayane Marques Rodrigues Lima, Otávio Rocha Leão e Vinicius da Silva Seabra
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios no Parque Nacional da Serra dos Órgãos

Pietro Meirelles Brites e Roberto Marques Neto
Eixo temático: Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos

Cerrado: análise espacial e temporal da supressão vegetal

Haillany Silva de Souza e Elizabeth Maria Feitosa de Souza
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Cobertura do solo e variação histórica do *curve number*: aplicação do Google Earth Engine na identificação de alterações na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé

Willy César Veiga Souza e Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Contrastes na declaração e realidade da vegetação: um estudo com dados do CAR em Juiz de Fora - MG

Ricardo Tavares Zaidan e Raphael Daniel de Menezes
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Dinâmica da cobertura e uso da Terra na Bacia do Rio Jurumirim em 2001 e 2022, em Angra dos Reis-RJ

Bruna Andrade dos Santos Lobo, Fábila Antunes Zaloti, Paulo Márcio Leal de Menezes e Manoel Couto Fernandes
Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Eleições de 2018 e 2022: análise comparativa do primeiro turno das eleições para presidente da República e governador em Belo Horizonte

Marcelo Correa Motta Roriz, Camila Azevedo de Andrade, Carolina Paulino Novaes Dias e Mariana Aparecida Calheiros Amorim
Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Geotecnologias como suporte na avaliação do impacto da criação do Parque Estadual da Serra da Tiririca (RJ) no uso e ocupação da Terra

Daniel Marques de Abreu, Adinan Marzulo Maia Martins, Dafne Godoy, João Pedro das Neves Cardoso Pedreira e Bárbara Coelho de Andrade
Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

Glossário do projeto Conexão Geoinformação: divulgação científica e acessibilidade no YouTube

Steffi Munique Damasceno dos Reis Vieira, Amanda Coelho Azambuja e Paula Maria Moura de Almeida

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Inteligência artificial como ferramenta para pesquisa na área de geoprocessamento

Raphael William Calheiros Pereira, Daniel Lopes Pimenta, Vitor Sbeghi e Jackeline Andrade Pereira Franco Mattos

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Mapeamento participativo da Floresta Nacional Mário Xavier: uma ferramenta de análise do conceito de lugar e sua relação com a conservação ambiental

Maiara Rabello Pereira, Gustavo Mota de Sousa e Tatiana de Sá Freire Ferreira

Eixo temático: Cartografia Digital e Web

Maré Crescente: uma análise da expansão populacional das favelas do Complexo da Maré entre 2000 e 2022

Fernando Nóbrega de Moraes, Guilherme Fenelon de Sena Machado, Rita Maria Cupertino Bastos e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

"No meio do caminho tinha uma pedra, tinha uma pedra no meio do caminho": Bendegó e a saga do seu trajeto até o Museu Nacional contada por um video game

Letícia de Oliveira Rangel, Angelline Maciel Bulla, Manoel do Couto Fernandes, Paulo Márcio Leal de Menezes e Francisco Carlos Moreira Gomes

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

O uso dos aplicativos Colab e GPS Essentials na análise espacial para prevenção de desastres naturais na Bacia Hidrográfica do Rio Marimbondo em São Gonçalo, RJ

Ingrid Costa e Silva Feitosa, Renata da Silva R. Gonçalves e Isabela Habib C. da Silva

Eixo temático: Cartografia Lúdica, Escolar e Geotecnologias na Educação Básica

Onde estão hoje os rios petropolitanos da Planta Koeler - 1846?

Alice Ayres de Jesus, Tainá Laeta, Manoel do Couto Fernandes

Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

Os nomes geográficos e suas implicações para a qualidade do mapeamento sistemático

Beatriz Cristina Pereira de Souza Pinto e Paulo Márcio Leal de Menezes

Eixo temático: Cartografia Histórica e Toponímias

**Parcelamento e uso do solo na bacia do Córrego Tapera:
uma análise multitemporal**

Rômulo Montan Costa

Eixo temático: Análise Séries Temporais e Detecção de Mudanças

**Projeto Orla sem lixo: utilização de ortofotomosaicos para análise temporal
da dinâmica das áreas de manguezal da Ilha do Fundão**

Guilherme Christian Chaia Lopes, Guilherme Fenelon da Sena Machado, Rita Maria Cupertino Bastos, Felipe Gonçalves Amaral, Suzana Beatriz Vinzon e Carla Bernadete Madureira Cruz

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

**Uso de classificadores em imagem de satélites para o cálculo da proporção
de espaço público aberto a todos no Rio de Janeiro**

Gabriel Alvarenga Rocha, Andréa Diniz da Silva e Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto

**Uso de dados obtidos por drones nas geociências: um estudo de caso
na geotecnia e geofísica**

Fabio Carlos Cavalcante de Aguiar, Gabriel Nogueira, Rodrigo Ferreira França, Suze Nei Pereira Guimarães e Elisabete do Nascimento Rocha

Eixo temático: RPAs/Drone: Levantamentos de alta resolução

**Uso de SIG na caracterização de compartimentos morfológicos da Bacia
do Canal das Pedrinhas, Macaé - RJ**

Clara Araujo Farag e Felipe Pacheco Silva

Eixo temático: Geoprocessamento e Análise Espacial

Uso e cobertura do solo na Bacia do Córrego Ipiranga para o ano de 2023

Mateus Emanuel Miranda Oliveira e Ricardo Tavares Zaidan

Eixo temático: Processamento e Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto



ÍNDICE DE TRABALHOS



Eixo temático 1

Cartografia digital e Web

Capítulo 1 (p. 49-54)

Concepção e impressão de caixas de armazenamento de sensores de baixo custo para monitoramento ambiental em tempo real integrados à plataforma Vicon SAGA

Maria Clara Lira Santos e Tiago Badre Marino

Capítulo 2 (p. 55-60)

Mapeamento participativo da Floresta Nacional Mário Xavier: uma ferramenta de análise do conceito de lugar e sua relação com a conservação ambiental

Maiara Rabello Pereira, Gustavo Mota de Sousa e Tatiana de Sá Freire Ferreira



Eixo temático 2

Cartografia histórica e toponímias

Capítulo 3 (p. 62-68)

A cartografia histórica como ferramenta para reconstrução dos itinerários dos bondes elétricos na cidade do Rio de Janeiro no Século XX

Adriene dos Santos Duarte, Cláudio João Barreto dos Santos e Renato da Silva Lopes

Capítulo 4 (p. 69-74)

Análise toponímica comparativa dos mapas da Nova Lusitânia no contexto do encarte do Rio de Janeiro

Gabriel de Oliveira Alves, Letícia de Oliveira Leite Marques, Lucas Lanzaro Reis, Daniel Ribeiro Gomes Di Salvo, Tainá Laeta e Paulo Márcio Leal de Menezes

Capítulo 5 (p. 75-82)

Estado da arte da Fazenda Nacional de Santa Cruz e os desafios da regularização fundiária

Edite Moraes da Costa, Alessandra Svonka Palmeiro, Luiz Guimarães Barbosa, Thaina Felix de Brito e Marcelo Mendes da Fonseca Uberti

Capítulo 6 (p. 83-87)

Onde estão hoje os rios petropolitanos da Planta Koeler - 1846?

Alice Ayres de Jesus, Tainá Laeta, Manoel do Couto Fernandes

Capítulo 7 (p. 88-93)

Os mapas da Viagem Filosófica e suas ligações com os mapas da Nova Lusitânia: monumentos geográfico-cartográficos portugueses

Lucas Lanzaro Reis, Beatriz Cristina Pereira de Souza Pinto e Paulo Márcio Leal de Menezes

Capítulo 8 (p. 94-100)

Os nomes geográficos e suas implicações para a qualidade do mapeamento sistemático

Beatriz Cristina Pereira de Souza Pinto e Paulo Márcio Leal de Menezes

Capítulo 9 (p. 101-106)

Resgate histórico e geográfico dos limites da Freguesia de Jacarepaguá - Cidade do Rio de Janeiro

Gabriel Furtunato, Tainá Laeta e Paulo Márcio Leal de Menezes

Capítulo 10 (p. 107-114)

Utilização do modelo matemático 'Thin Plate Spline' (TPS) do QGIS para a correção geométrica e georreferenciamento de fotografias aéreas antigas distorcidas: um estudo de caso

Matheus Duarte Stelkler e Ricardo Tavares Zaidan



Eixo temático 3 Cartografia lúdica, escolar e geotecnologias na educação básica

Capítulo 11 (p. 116-123)

A Geoinformação na gestão de risco de base comunitária: uma análise a partir do Quilombo Santa Rita do Bracuí-RJ

Marcos Vinicius de Souza Leu, Pamella Oliveira da Silva, Darlan Souza Nery dos Santos, João Gabriel Tiburcio de Araujo, Paulo Jorge Vaitsman Leal e Monika Richter

Capítulo 12 (p. 124-131)

Análise de potencialidades e limitações do projeto de extensão universitária "DIG - Uma proposta de disseminação do geoprocessamento na geografia"

Vivian Castilho da Costa, Vitor Ottoni Pastore, Karen Nicolay de Oliveira e Guilherme Requieli Martins

Capítulo 13 (p. 132-137)

Aprendizagem baseada em jogos e o uso das geotecnologias na educação geográfica: o software QGIS como ferramenta metodológica para a geração de jogos que auxiliem no ensino de geografia

José Lucas G. Barbosa, Elias dos Santos Silva, Joyce Carla P. Gomes e Rafael Albuquerque Xavier

Capítulo 14 (p. 138-145)

Atividade didática de orientação espacial: uma proposta metodológica ao ensino de cartografia

Daniel Thomé da Costa, Tainá Laeta e Paulo Márcio Leal de Menezes

Capítulo 15 (p. 146-152)

Construção de mapa tátil do JB-UFRRJ para pessoas com deficiência visual

Yasmin Vegele Pinheiro, Tainá Moreira da Silva e Gustavo Mota de Sousa

Capítulo 16 (p. 153-158)

Desenvolvimento de geotecnologias na educação: criando aplicativos para mapear problemas ambientais

Amanda Lacerda Reis, Francisco Carlos Moreira Gomes, Ana Carolina Lopes Thurler de Queiroz, Manoel do Couto Fernandes e Paulo Márcio Leal de Menezes

Capítulo 17 (p. 159-166)

Desenvolvimento de maquetes em realidade aumentada (RA) para disseminação do ensino de geociências no estado do Rio de Janeiro

Jéssica Pinheiro Nunes, Gabriel da Rosa Bragança, Thallyta Shigeko Kobayashi Lameu, Beatriz de Almeida Nóbrega e Gustavo Mota de Sousa

Capítulo 18 (p. 167-172)

Geotecnologias e ludicidade: o uso de StoryMaps no ensino fundamental

Fabiana Peres de Freitas, Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella, Iara Silveira do Nascimento, Camila Nascimento Alves da Silva, André Souza Silva Junior e Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

Capítulo 19 (p. 173-180)

Glossário do projeto Conexão Geoinformação: divulgação científica e acessibilidade no YouTube

Steffi Munique Damasceno dos Reis Vieira, Amanda Coelho Azambuja e Paula Maria Moura de Almeida

Capítulo 20 (p. 181-187)

Jogos digitais como recursos didáticos na cartografia escolar

Caio César Barros Pereira e Evelyn de Castro Porto Costa

Capítulo 21 (p. 188-193)

Mapas tridimensionais como recurso didático no ensino de geografia

Victor Hugo P. Ferreira e Gustavo Mota de Sousa

Capítulo 22 (p. 194-200)

"No meio do caminho tinha uma pedra, tinha uma pedra no meio do caminho": Bendegó e a saga do seu trajeto até o Museu Nacional contada por um video game

Letícia de Oliveira Rangel, Angelline Maciel Bulla, Manoel do Couto Fernandes, Paulo Márcio Leal de Menezes e Francisco Carlos Moreira Gomes

Capítulo 23 (p. 201-208)

O uso dos aplicativos Colab e GPS Essentials na análise espacial para prevenção de desastres naturais na bacia hidrográfica do rio Marimbondo em São Gonçalo, RJ

Ingrid Costa e Silva Feitosa, Renata da Silva Rodrigues Gonçalves e Isabela Habib Canaan da Silva

Capítulo 24 (p. 209-215)

Potencialidades das plataformas Google Mars e Google Earth para o ensino de geografia

Júlia da Silva Rodrigues e Evelyn de Castro Porto Costa

Capítulo 25 (p. 216-222)

Regionalização da paisagem de King's Landing: uma leitura geográfica a partir do Mapa de Westeros

Débora Andressa Rodrigues Ferreira Lima e Vinicius da Silva Seabra

Capítulo 26 (p. 223-228)

Uso de realidade aumentada para a conscientização em relação a enchentes e deslizamentos no Rio de Janeiro

Marcella Ximenes Rodrigues, Carolina Bastos e Francisco de Assis Dourado da Silva



Eixo temático 4 GNSS: aplicações nas geociências

Capítulo 27 (p. 230-237)

Avaliação da adoção do sistema de altitude normal com base no posicionamento por satélites no campus Seropédica da UFRRJ

Francisco da Silva Tiburcio e Alessandra Svonka Palmeiro

Capítulo 28 (p. 238-244)

Método de posicionamento por ponto preciso (PPP), relativo estático e RTK: uma avaliação de acurácia em um levantamento com rastreador GNSS de dupla frequência

Ana Luísa Lima Silvestre da Silva e Rafael Silva de Barros



Eixo temático 5 RPAs/Drones Levantamentos de alta resolução

Capítulo 29 (p. 246-252)

Águas divididas: monitoramento da vitalidade natural e o impacto urbano no rio Tinguá com utilização de drones

Suyane Silva, Carlos Renato Meirelles, Williane Vasconcelos e Gisele Medeiros

Capítulo 30 (p. 253-260)

Análise das variações de altura, para a compreensão de um processo de voçoramento nos anos de 2020 e 2022, em uma vertente da bacia do rio Iriri, em Magé/RJ, a partir de imagens de VANT

Wellington Marins Coutinho Firmينو, Phillipe Valente Cardoso e Vinicius da Silva Seabra

Capítulo 31 (p. 261-267)

Aplicação de sonar de varredura lateral (SVL) para mapear e compreender a erosão costeira no Delta do Rio Paraíba do Sul, Brasil

João Manenga Daniel, João Regis dos Santos Filho, Mahathma Aguiar Barreto, Beatriz Abreu Machado, Thais Baptista da Rocha, Pedro José Fernandes e Guilherme Borges Fernandez

Capítulo 32 (p. 268-275)

Mapeamento com ARPS: influência do número de pontos de controle na qualidade geoespacial de produtos cartográficos

David Santos Rodrigues, Niel Renan Nielsen Nascimento e Jorge Felipe Euriques

Capítulo 33 (p. 276-285)

Uso de dados obtidos por drones nas geociências: um estudo de caso na geotecnia e geofísica

Fabio Carlos Cavalcante de Aguiar, Gabriel Nogueira, Rodrigo Ferreira França, Suze Nei Pereira Guimarães e Elisabete do Nascimento Rocha



Eixo temático 6 Geoprocessamento e análise espacial

Capítulo 34 (p. 287-293)

Análise espaço-temporal das transições da Floresta Atlântica no contexto do Sudeste usando o MapBiomass

Maria Fernanda dos Santos Fialho, Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 35 (p. 294-301)

A utilização do mapeamento como meio de estudo: a bacia hidrográfica do rio Marimbondo e suas características

Alex Rodrigues da Silva Junior, Breno dos Santos Coutinho Pereira e Isabela Habib Canaan da Silva

Capítulo 36 (p. 302-308)

Análise da distribuição espacial da vacinação de COVID-19 na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Jonathan Oliveira Bastos, Anna Clara de A. Amorim, Davi Afonso Boechat e Phillipe Valente Cardoso

Capítulo 37 (p. 309-314)

Análise da relação entre potencialidade agrícola dos solos e desflorestamento na Amazônia Legal

Guilherme Christian Chaia Lopes, Fernanda Faria Rodrigues da Silva, Felipe Gonçalves Amaral, Haillany Silva de Souza e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 38 (p. 315-321)

Análise das transformações espaciais de áreas urbanas induzidas por grandes projetos industriais: o caso do Polo GasLub

Rafael Machado Corrêa e Vinicius da Silva Seabra

Capítulo 39 (p. 322-328)

Análise espacial da segregação residencial na cidade do Rio de Janeiro

Alexandre Barreiros Martins, Ana Paula Vasconcelos Gonçalves e Julia Celia Mercedes Strauch

Capítulo 40 (p. 329-336)

Análise espacial das áreas de interesse do Google Maps na cidade do Rio de Janeiro

Fernando Estiges Toledo Schimidt, Felipe Gonçalves Amaral, Patricia Luana Costa Araújo e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 41 (p. 337-342)

Análise espacial do indicador de canais retilíneos em paisagens de wetlands

Catharina Delfi Penna Figueiredo, Evelyn de Castro Porto Costa e Raúl Sánchez Vicens

Capítulo 42 (p. 343-349)

Análise espacial do índice de antropização por presença de elementos antrópicos (IAEA) no Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana-RJ

Yan Costa Perissé Pereira, Evelyn de Castro Porto Costa e Raúl Sánchez Vicens

Capítulo 43 (p. 350-355)

Análise espacial dos blocos de exploração de hidrocarbonetos, pontos de perfuração e áreas especiais na bacia da Foz do Amazonas, Pará-Maranhão e Barreirinhas

Alexandre Alcazar Plácido Teixeira, Leonardo Junius Chapeta Santos e Eduardo T. de Aquino Ribeiro

Capítulo 44 (p. 356-363)

Análise espacial e o uso de dados do PRODES para a identificação da evolução do desmatamento na APA Triunfo do Xingu

Daniel Marques de Abreu, Gabriel dos Santos Lopes, Pedro Rangel Nunes da Rocha e Patrick Calvano Kuchler

Capítulo 45 (p. 364-369)

Análise espacial e territorial das assimetrias de saneamento básico em Seropédica a partir do uso de geotecnologias

Julio Majerowicz Maneschy, Gustavo Mota de Sousa e André Santos da Rocha

Capítulo 46 (p. 370-380)

Análise geoespacial das unidades e dos estabelecimentos de saúde do município do Rio de Janeiro, RJ

Fábio da Silva Lima, Fábيا Antunes Zaloti e Manoel do Couto Fernandes

Capítulo 47 (p. 381-388)

Análise geoespacial do desmatamento no Distrito de Itacuruçá no município de Mangaratiba/RJ no período de 2016 e 2022, com ênfase na APA Mangaratiba

Brendo Leonardo Brandão de Oliveira e Monika Richter

Capítulo 48 (p. 389-395)

Análise integrada de dados geológicos e geomorfológicos para compreender a distribuição de *knickpoints*

Felipe Pacheco Silva e Letícia Ambrósio de Azevedo Moda

Capítulo 49 (p. 396-401)

Análise microclimática no município de Muriaé-MG: uma abordagem aplicada ao cálculo de potencial de aquecimento

Thamiris Gatti Souza, Pedro José de Oliveira Machado, Cássia de Castro Martins Ferreira, Yan Carlos Gomes Vianna e Francisco Carlos Moreira Gomes

Capítulo 50 (p. 402-410)

Análise morfoestrutural e morfotectônica da bacia hidrográfica do rio São Pedro (RJ): extração de métricas da paisagem a partir do modelo digital de elevação

Letícia Ambrósio de Azevedo Moda e Felipe Pacheco Silva

Capítulo 51 (p. 411-417)

Avaliação da rede de drenagem do alto curso do rio Guapiaçu: análise morfométrica e do uso e cobertura da terra

Tatiane Louvis de Rezende, Paola Nogueira da Silva, Nicolle Nunes Santos, Rayane Marques Rodrigues Lima, Otávio Rocha Leão e Vinicius da Silva Seabra

Capítulo 52 (p. 418-425)

Avaliação do uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos córregos do Arrieiro e Santana (Teresópolis, RJ) com uso do MapBiomias

Iara Silveira do Nascimento, Maria Naíse de O. Peixoto e Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

Capítulo 53 (p. 426-432)

Avaliação espaço-temporal dos focos de incêndio no estado do Rio de Janeiro dos anos 2000 até 2022

Aretha Rodrigues Eufrásio de Freitas, Paula Maria Moura de Almeida e Daniel M. Correa dos Santos

Capítulo 54 (p. 433-440)

Cerrado: análise espacial e temporal da supressão vegetal

Haillany Silva de Souza e Elizabeth Maria Feitosa de Souza

Capítulo 55 (p. 441-446)

Cobertura do solo e variação histórica do *curve number*: aplicação do Google Earth Engine na identificação de alterações na bacia hidrográfica do rio Macaé

Willy César Veiga Souza e Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira

Capítulo 56 (p. 447-454)

Contrastes na declaração e realidade da vegetação: um estudo com dados do CAR em Juiz de Fora - MG

Ricardo Tavares Zaidan e Raphael Daniel de Menezes

Capítulo 57 (p. 455-459)

Distribuição espacial de casos de feminicídio no Brasil de 2018 a 2021

Gabriele R. Mack, Clarícia B. Pinho, Vitória Bernardes e Gustavo Mota de Sousa

Capítulo 58 (p. 460-466)

Eleições de 2018 e 2022: análise comparativa do primeiro turno das eleições para presidente da República e governador em Belo Horizonte

Marcelo Correa Motta Roriz, Camila Azevedo de Andrade, Carolina Paulino Novaes Dias e Mariana Aparecida Calheiros Amorim

Capítulo 59 (p. 467-473)

Expansão da urbanização e a influência na temperatura do ar do Oeste Metropolitano: estudo de caso no bairro Fazenda Caxias - Seropédica-RJ

Mayara de Souza Lopes e Heitor Soares de Farias

Capítulo 60 (p. 474-480)

Indicadores geomórficos de desequilíbrio da bacia hidrográfica do rio Verde em zona de cisalhamento neoproterozóica, Região de São Tomé das Letras (MG)

Luana Ribeiro Garcia, Clauzionor Lima da Silva, Felipe Garcia Porath, Júlia de Medeiros Estevão de Melo e Jessica Miranda dos Santos

Capítulo 61 (p. 481-487)

Inteligência artificial como ferramenta para pesquisa na área de geoprocessamento

Raphael William Calheiros Pereira, Daniel Lopes Pimenta, Vitor Sbeghi e Jackeline Andrade Pereira Franco Mattos

Capítulo 62 (p. 488-494)

Mapeamento de cobertura vegetal urbana utilizando NDVI no município de Duque de Caxias-RJ

Allan Pires Fernandes Cardoso

Capítulo 63 (p. 495-500)

Mapeamento do indicador de desmatamento das paisagens da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana-RJ

Marcelly Neiva da Silva, Evelyn de Castro Porto Costa e Raúl Sánchez Vicens

Capítulo 64 (p. 501-508)

Maré crescente: uma análise da expansão populacional das favelas do Complexo da Maré entre 2000 e 2022

Fernando Nóbrega de Moraes, Guilherme Fenelon de Sena Machado, Rita Maria Cupertino Bastos e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 65 (p. 509-515)

O Arco do desmatamento na Amazônia: uma análise espacial do papel das rodovias como vetor do desflorestamento

Fernanda Faria Rodrigues da Silva, Guilherme Christian Chaia Lopes, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 66 (p. 516-523)

Tempo de deslocamento até o Centro do Rio de Janeiro usando análise de rede

Rodrigo Luiz Sampaio, Alice Ayres de Jesus e Rafael Silva de Barros

Capítulo 67 (p. 524-530)

"Tinha uma árvore no meio do caminho": uma análise espacial do verde urbano viário na RA Méier

Amanda Lago de Souza Lugon, Mayara do Nascimento Ramos, Guilherme F. de Sena Machado, Rita Maria Cupertino Bastos, Patricia Luana C. Araújo, Felipe G. Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 68 (p. 531-537)

Uso de SIG na caracterização de compartimentos morfológicos da bacia do canal das Pedrinhas, Macaé-RJ

Clara Araujo Farag e Felipe Pacheco Silva

Capítulo 69 (p. 538-544)

Uso de SIG para a classificação do grau de dificuldade de trilhas no Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT)-RJ

Pedro Costa da Silva e Vivian Castilho da Costa



Eixo temático 7 Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos

Capítulo 70 (p. 546-553)

Análise de métodos de seleção de dados espectrais VIS-IR para mapeamento digital de água nos solos

Priscilla Azevedo dos Santos, Igor Leite da Silva, Helena Saraiva Koenow Pinheiro, Waldir de Carvalho Júnior, Nilson Rendeiro Pereira, Silvio Barge Bhering, Bruno Araújo Furtado de Mendonça e Márcio Rocha Francelino

Capítulo 71 (p. 554-560)

Avaliação de modelos digitais de elevação e MDES modificados nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói

Rafael Alvarado Matuk Ferreira, João Felipe Vasconcellos Ávila e Paula Maria Moura de Almeida

Capítulo 72 (p. 561-568)

Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios no Parque Nacional da Serra dos Órgãos

Pietro Meirelles Brites e Roberto Marques Neto

Capítulo 73 (p. 569-576)

Método de extração de dados não estruturados da Google para análise do ritmo urbano

Carlos Eduardo Gomes Benevides, Patricia Luana Costa Araújo, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz



Eixo temático 8

Processamento e classificação de imagens de sensoriamento remoto

Capítulo 74 (p. 578-583)

Análise da distribuição de uso e cobertura da terra no município de Cachoeiras de Macacu-RJ

José Diego da Silva Tavares, Paola Nogueira da Silva, Victor Damasceno Pimentel Guimarães e Vinicius da Silva Seabra

Capítulo 75 (p. 584-590)

Análise da replicabilidade do modelo de mapeamento de áreas verdes intraurbanas baseado em multisensores

Mayara do Nascimento Ramos, Amanda Lago de Souza Lugon, Rita Maria Cupertino Bastos, Patricia Luana Costa Araújo, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 76 (p. 591-596)

Análise da temperatura superficial do município de Espinho, Aveiro, Portugal

Evandro da Silva Guimarães Rodrigues, André da Silva de Jesus, Filipa Manuela Santos Franco, José Francisco Azevedo Cabral e Maria Manuel Serra Cruz Martins

Capítulo 77 (p. 597-603)

Análise das assinaturas espectrais das espécies de mangue da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (RBG) por meio de dados de sensoriamento remoto hiperespectral aéreo

Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira, Felipe Gonçalves Amaral e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 78 (p. 604-610)

Análise espacial da temperatura de superfície da Ilha do Fundão

Larissa de Oliveira Silva, Rodrigo Luiz Sampaio e Evelyn de Castro Porto Costa

Capítulo 79 (p. 611-616)

Aplicação das imagens termais noturnas do sensor Aster na cidade do Rio de Janeiro

Randy Rodrigo Gonçalves dos Santos e Andrews José de Lucena

Capítulo 80 (p. 617-624)

Classificação de imagens Landsat-8 para mapeamento de wetlands utilizando índices NDWI no Norte Fluminense-RJ

Mikaella P. dos Santos, Evelyn de C. Porto Costa, Paula Maria M. de Almeida e Raúl Sánchez Vicens

Capítulo 81 (p. 625-631)

Classificação supervisionada de imagem OLI/Landsat-8 usando o Google Earth Engine

Matheus Lima de Oliveira e Gustavo Mota de Sousa

Capítulo 82 (p. 632-640)

Comparação de dados radiométricos obtidos por sensor MSI/Sentinel-2 e câmera de smartphone

Priscilla Azevedo dos Santos e Igor Leite da Silva

Capítulo 83 (p. 641-647)

Estado da arte do uso de sensores hiperespectrais no estudo de áreas de manguezais

Wallace Araujo Ayres, Rita Maria Cupertino Bastos e Carla Bernadete Madureira

Capítulo 84 (p. 648-655)

Identificação de favelas e comunidades urbanas na cidade do Rio de Janeiro em imagens de satélite utilizando Machine Learning

Jedielso Sales de Souza, Andréa Diniz da Silva e Ian Monteiro Nunes

Capítulo 85 (p. 656-663)

Identificação de favelas e comunidades urbanas na Zona Sul do Rio de Janeiro utilizando Machine Learning

Miguel N. F. Conforto, Bernardo B. Martins, Bruno Sá Guedes, Ian M. Nunes, Andréa D. da Silva, Marcelo R. A. Maranhão, Alexandre M. O. S. da Paz, Cássio P. Magalhães, Eduardo S. Jangutta, Gabriel A. Rocha, Jedielso S. de Souza, João P. P. Leonardo e Hanna D. Cunha

Capítulo 86 (p. 664-670)

Mapeamento da temperatura da superfície continental (TSC) no campus universitário da UFRRJ e no município de Seropédica entre 2001 a 2020

Gabriele R. Mack, Andrews José de Lucena e Liz B. C. Belém

Capítulo 87 (p. 671-677)

Mapeamento de alagamentos com imagens Planet em bacias urbanas

Pablo Simões e Felix Carriello

Capítulo 88 (p. 678-685)

Mapeamento de cicatrizes de deslizamentos: um estudo da bacia do rio Bracuí, RJ

Pamella Oliveira da Silva, Debora da Paz G. Brandão Ferraz, Paulo Jorge V. Leal e Monika Richter

Capítulo 89 (p. 686-693)

Mapeamento de cobertura e uso da terra no estado do Pará no ano de 2020 - Uma comparação com a cobertura e uso da terra do IBGE disponibilizado na grade estatística

Edwin Vicente Carrillo Varon, Anna Carolina Santos Vieira de Oliveira, Andreza de Souza Dias e Rafael Silva de Barros

Capítulo 90 (p. 694-699)

Projeto Orla sem lixo: utilização de ortofotomosaicos para análise temporal da dinâmica das áreas de manguezal da Ilha do Fundão

Guilherme Christian Chaia Lopes, Guilherme Fenelon da Sena Machado, Rita Maria Cupertino Bastos, Felipe Gonçalves Amaral, Suzana Beatriz Vinzon e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 91 (p. 700-707)

Segmentação semântica para identificação de feições morfológicas em favelas: um estudo exploratório no Complexo da Maré (RJ)

Guilherme Fenelon de Sena Machado, Wallace Araujo Ayres, Rita Maria Cupertino Bastos e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 92 (p. 708-715)

Uso de classificadores em imagem de satélites para o cálculo da proporção de espaço público aberto a todos no Rio de Janeiro

Gabriel Alvarenga Rocha, Andréa Diniz da Silva e Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão

Capítulo 93 (p. 716-719)

Uso e cobertura do solo na bacia do córrego Ipiranga para o ano de 2023

Mateus Emanuel Miranda Oliveira e Ricardo Tavares Zaidan



Eixo temático 9

Análise de séries temporais e detecção de mudanças

Capítulo 94 (p. 721-727)

Análise bitemporal das mudanças de uso e cobertura da terra em Maricá (RJ)

Beatriz Mourão Lopes, Beatriz Costa de Jesus, Monique dos Santos Mattos, Gabriela Cantuária Nobre Andrade e Phillipe Valente Cardoso

Capítulo 95 (p. 728-735)

Análise da alteração do uso da terra à luz das legislações na represa Dr. João Penido, Juiz de Fora-MG, por Geoprocessamento

Carla Medeiros Langoni, Diogo Parreira Lapa, Guilherme Matoso Mendonça, Hiago Dália Oliveira, Olívia Rosa Gomes e César Henrique Barra Rocha

Capítulo 96 (p. 736-742)

Análise multitemporal do uso e cobertura da terra e áreas protegidas na Floresta do Piraquara, Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro/RJ

Bárbara Costa Lima e Diego Douglas Monsorens Andrade

Capítulo 97 (p. 743-750)

Análise temporal da paisagem na bacia do córrego Igrejinha em Juiz de Fora-MG, com o uso do MapBiomass

Isabel Patrícia Martins Baêta Guimarães, Diogo Parreira Lapa e Francisco Carlos Moreira Gomes

Capítulo 98 (p. 751-758)

Deteção de supressão de Floresta Amazônica pelo avanço de mineração aurífera nas margens do Rio Peixoto de Azevedo com auxílio de sensoriamento remoto

Andreza de S. Dias, Edwin V. Carrillo Varon, Anna Carolina S. V. de Oliveira e Rafael Silva de Barros

Capítulo 99 (p. 759-765)

Dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia do rio Jurumirim em 2001 e 2022, em Angra dos Reis-RJ

Bruna A. dos Santos Lobo, Fábiana Antunes Zaloti, Paulo M. L. de Menezes e Manoel do C. Fernandes

Capítulo 100 (p. 766-773)

Geotecnologias como suporte na avaliação do impacto da criação do Parque Estadual da Serra da Tiririca (RJ) no uso e ocupação da terra

Daniel Marques de Abreu, Adinan Marzulo Maia Martins, Dafne Godoy, João Pedro das Neves Cardoso Pedreira e Bárbara Coelho de Andrade

Capítulo 101 (p. 774-779)

Mapeamento multitemporal das mudanças de uso e cobertura da Terra de Xai Xai - Moçambique

Armando David Simbine Júnior, Beatriz Costa de Jesus, Beatriz Mourão Lopes, Guilherme Matheus da Cruz Mendes Vieira e Phillipe Valente Cardoso

Capítulo 102 (p. 780-788)

O crescimento urbano sobre ambiente de dunas no bairro do Foguete, Cabo Frio/RJ

Luan Martins Pereira Pontes e Thiago Gonçalves Pereira

Capítulo 103 (p. 789-796)

Parcelamento e uso do solo na bacia do córrego Tapera: uma análise multitemporal

Rômulo Montan Costa

Capítulo 104 (p. 797-803)

Pizza temporal: uma proposta de representação temática para a evolução temporal de dados quantitativos - Estudo de caso de qualidade de água do estado do Rio de Janeiro

Lucas de Oliveira e Carla Bernadete Madureira Cruz

Capítulo 105 (p. 804-810)

Trabalho de campo como ferramenta de validação para mapas de uso e cobertura da terra

Suelen Medeiros Castro de Oliveira e Isabela Habib Canaan da Silva

Capítulo 106 (p. 811-816)

Uso de solo em Angra dos Reis entre os anos 1985 e 2022

Andreza de Souza Dias e Gleide Alencar Nascimento Dias



EIXO 1

Cartografia digital e Web

CAPÍTULO 1

CONCEPÇÃO E IMPRESSÃO DE CAIXAS DE ARMAZENAMENTO DE SENSORES DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL EM TEMPO REAL INTEGRADOS À PLATAFORMA VICON SAGA

Maria Clara Lira Santos¹

Tiago Badre Marino¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Petrologia e Geotectônica. Instituto de Geociências. BR-465. Km 7. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. emariacl@ufrj.br

2. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de geografia - Instituto de Geociências. BR-465. Km 7. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. tiagomarino@ufrj.br

RESUMO

O presente projeto tem como objetivo principal desenvolver e testar caixas para abrigar sensores eletrônicos de baixo custo, dedicados ao monitoramento ambiental em tempo real, a partir de dispositivos eletrônicos de baixo custo. Estes sensores estão sendo projetados no Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LiGA-UFRRJ) para coleta e transmissão de dados ambientais georreferenciados. A pesquisa abrange a concepção, montagem, integração e experimentação dos sensores, visando demonstrar sua eficácia e viabilidade técnica. Este projeto visa contribuir para o avanço da tecnologia de sensoriamento ambiental de baixo custo, ampliando as possibilidades de monitoramento preciso e acessível em diversas áreas de aplicação.

Palavras-chave: Plataforma Vicon Vigilância e Controle; Vicon SAGA; monitoramento ambiental; impressora 3D.

ABSTRACT

The main objective of this project is to develop and test boxes to house low-cost electronic sensors dedicated to real-time environmental monitoring from low-cost electronic devices. These sensors are being designed at the Integrated Laboratory of Applied Physical Geography at the Federal Rural University of Rio de Janeiro (LiGA-UFRRJ) to collect and transmit georeferenced environmental data. The research covers the design, assembly, integration and experimentation of sensors, aiming to demonstrate their effectiveness and technical feasibility. This project aims to contribute to the advancement of low-cost environmental sensing technology, expanding the possibilities of accurate and accessible monitoring in various areas of application.

Keywords: Platform Vicon Surveillance and Control; Vicon SAGA; environmental monitoring; 3D printer.

INTRODUÇÃO

A Plataforma de Vigilância e Controle foi

[...] concebida há mais de duas décadas como uma iniciativa 100% nacional, livre de custos e de código aberto, vem sendo desenvolvida e aprimorada pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAGEOP-UFRRJ), em parceria com o Laboratório de Geoprocessamento Aplicado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LGA-UFRRJ) e o Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA-UFRRJ). (Marino; Silva; Mathias, 2023).

Diante disso, o Vicon tem sido um instrumento fundamental para monitoramento e controle, oferecendo soluções inovadoras e acessíveis para uma variedade de aplicações. Uma nova etapa da evolução do projeto Vicon SAGA teve início no mês de agosto de 2023, apresentando como objetivos, a concepção, montagem em uma máquina de impressão em 3D, integração e experimentação de sensores de monitoramento ambiental, que utilizam componentes de baixo custo (Arduino).

Até o presente momento, grande parte dos objetivos originalmente planejados foram satisfatoriamente alcançados, além de promover novos desdobramentos e parcerias de colaboração, que serão detalhadamente descritas ao longo deste capítulo.

TECNOLOGIAS E PROJETOS NORTEADORES DA PESQUISA

Componentes eletrônicos que auxiliam o monitoramento e a aquisição de dados ambientais, como sirenes de alertas, câmeras, sensores remotos, satélites, atualmente, podem ser adquiridos por custos de aquisição, implantação e operacionalização cada vez mais reduzidos, como é o caso dos componentes Arduino (<https://www.arduino.cc/>) e o Raspberry Pi (<https://www.raspberrypi.org/>).

As redes IoTs oferecem um grande potencial de prover uma melhor experiência aos seus usuários, seja em ambientes domésticos, na cadeia de serviços, ou mesmo para a otimização de processos industriais, este último, cunhado como a Indústria 4.0 (Marr, 2018).

No campo dos riscos ambientais, o aproveitamento da popularização dos componentes de sensoriamento ambiental de baixo custo cria oportunidades para a construção de projetos de baixa complexidade, quanto à montagem e à integração dos *hardwares* e *softwares* para o processamento e o apoio à decisão. Silva e Peres (20?) implementaram uma rede de sensores de baixo custo para o monitoramento da qualidade do ar na cidade de Porto Alegre (RS). O projeto relata os procedimentos e custos para a montagem de um módulo de sensoriamento de seis tipos de gases, com um custo total aproximado de R\$ 400,00. De forma complementar, um painel de controle também foi desenvolvido para a apresentação de um mapa com a localização do dispositivo ativo. Ao clicar no marcador referente ao dispositivo de sensoriamento, é possível verificar, em tempo real, os valores da leitura corrente do ambiente, além de visualizar gráficos de séries históricas de cada parâmetro monitorado.

Outra iniciativa bem sucedida de monitoramento ambiental é o CanAirIO (<https://canair.io/>) (Nugent, 2021; Somos Aire, 2020). Trata-se de um projeto de ciência cidadã usando sensores móveis e estáticos para medir a qualidade do ar com telefones celulares e componentes de baixo custo (Figura 1). O grupo, com sede na Colômbia, apresenta uma ampla e detalhada gama de documentação, com vídeos tutoriais, estudos de casos e orientações técnicas para a aquisição e montagem do módulo. Há também orientação passo a passo para a construção da caixa de blindagem que protege os componentes eletrônicos, a partir de modelos de impressão em MDF, por cortadoras automáticas. O grupo também disponibiliza uma plataforma completa de monitoramento e gestão dos dados capturados.

FIGURA 1 - Projeto CanAirIO: dispositivos de sensoriamento da qualidade do ar com componentes de baixo custo. Fonte: <https://canair.io/docs/>



Apostando na “Indústria 4.0”, grandes conglomerados da tecnologia mundial, como os listados abaixo, têm sistematicamente investido em pesquisa e desenvolvimento, e na ampliação da capacidade e velocidade de tráfego (fibra óptica, 5G) e armazenamento de dados (bancos de dados *Big Data*), para adequar a infraestrutura necessária à implantação e manutenção destes sistemas:

- Google Cloud IoT (<https://cloud.google.com/solutions/iot/>);
- Microsoft Azure IoT (<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/iot/>);
- Amazon IoT – <https://aws.amazon.com/pt/iot/>);
- Oracle IoT Intelligent Applications (<https://www.oracle.com/br/internet-of-things/>).

METODOLOGIA

No início do ano, durante uma reunião com o orientador do projeto atual, foram discutidos e esboçados o design da caixa, conforme ilustrado na Figura 1, cujo protótipo fora produzido, de forma manual, em material MDF (Figura 2). A ideia era utilizar a impressora 3D, disponível no LiGA, para imprimir uma caixa que pudesse resistir às intempéries do ambiente externo, utilizando o filamento PLA como material e que permitisse uma produção em massa.



FIGURA 2 - Protótipo Qualiar para monitoramento ambiental de baixo custo, construído a partir de componentes de baixo custo. Elaboração própria.

Conforme mencionado por Ngo *et al.* (2018): "Uma ampla gama de materiais usados atualmente na impressão 3D inclui metais, polímeros, cerâmica e concreto. O ácido polilático (PLA) e o acrilonitrila butadieno estireno (ABS) são os principais polímeros utilizados na impressão 3D de compósitos". Além disso, o uso do PLA permite a produção em larga escala. Esse passo representa um avanço significativo no desenvolvimento do projeto, visando aprimorar a durabilidade e a eficácia dos sensores para aplicação em diversos cenários de monitoramento.

ETAPA 1: PESQUISA PELO SOFTWARE DE MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

A primeira fase do processo envolveu a seleção de um *software* adequado para a modelagem computacional tridimensional das caixas de proteção dos sensores ambientais. Após uma análise criteriosa, o grupo optou por utilizar o *software* Autodesk Fusion 360, devido à sua capacidade de criação de peças com elevado nível de complexidade e grande detalhamento (<https://www.autodesk.com.br/products/fusion-360/>). Outro aspecto importante deste *software* é a disponibilidade gratuita para alunos e professores, o que o torna uma escolha economicamente vantajosa para fins de pesquisa científica.

ETAPA 2: MODELAGEM COMPUTACIONAL TRIDIMENSIONAL

Iniciou-se então o procedimento de elaboração de uma caixa em um modelo tridimensional virtual. O desafio estava em desenvolvê-la de maneira simultânea à aquisição de habilidades na operação do software correspondente. Primeiramente, foram aferidas medidas da caixa modelo e adicionamos elementos como o logo do Laboratório LiGA/UFRRJ e um espaço para a ventilação do GPS conforme ilustrado na Figura 3.

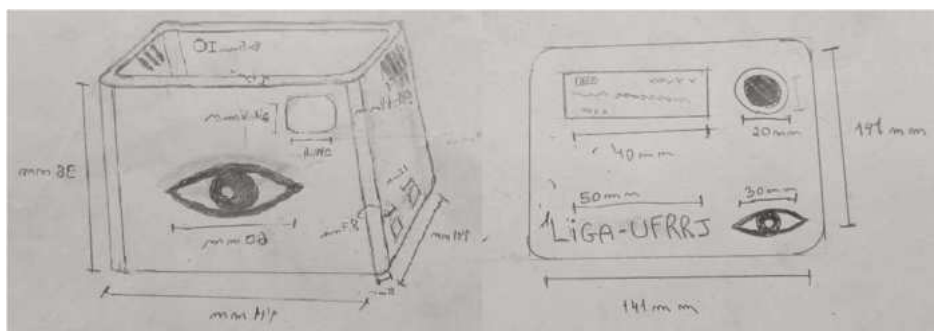


FIGURA 3 -

Diagrama esquemático atualizado, feito à mão, da caixa do módulo de sensoriamento, a ser modelada computacionalmente e impressa em impressora 3D.

Fonte: Maria Santos.

Após a aferição das medidas, foi constatada a necessidade de reproduzir uma caixa em maior escala, de maneira a acomodar apropriadamente todos os componentes, ainda que respeitando as proporções e forma originais. A escala da nova caixa também deveria respeitar os limites máximos do prato da impressora 3D disponível para impressão no LiGA-UFRRJ, com medidas máximas de 30cm x 30cm. Com base em informações obtidas por meio de pesquisas e consultas a grupos e colegas que possuem experiência na impressão do modelo em questão, foi recomendado evitar utilizar toda a área de impressão da mesa. Tal recomendação decorre do fato de que a impressora realiza um traçado de linha de teste para delimitar o tamanho da impressão antes de iniciar o processo. Iniciou-se então a montagem da caixa e a incorporação das entradas para as placas eletrônicas. Observou-se também a necessidade de suavizar as bordas da caixa uma vez que as quinas produzidas pelo material plástico promovia riscos de acidentes devido às arestas pontiagudas. Uma nova versão foi projetada, com pontas suavizadas (arredondadas) e com novos orifícios de ventilação (Figura 4).

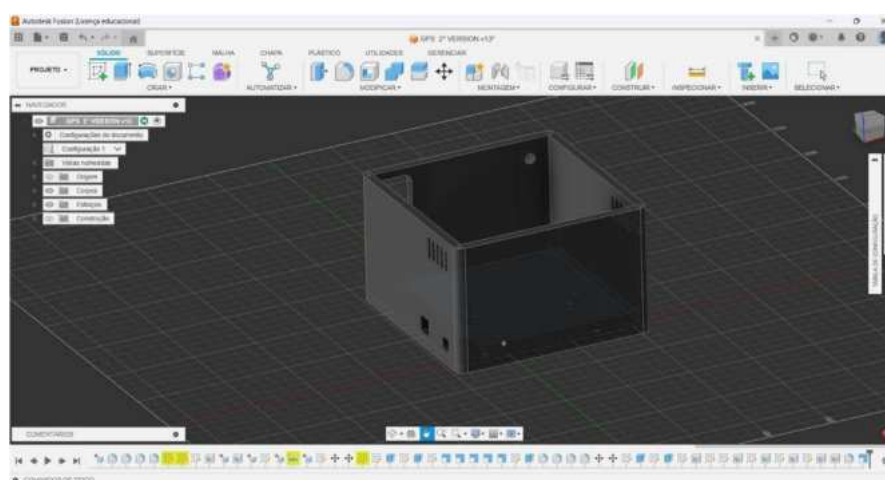


FIGURA 4 - Nova versão da modelagem computacional 3D da caixa. Fonte: Maria Santos.

RESULTADOS

Os esforços resultaram em uma caixa tridimensional funcional e segura, capaz de acomodar todos os componentes eletrônicos do modelo de sensoriamento de temperatura, gases e com aferição da localização por GPS (Figura 5).

A experiência adquirida no uso do software de modelagem 3D e nas técnicas de impressão foi valiosa, contribuindo significativamente para a formação acadêmica e para a evolução da pesquisa. No entanto, ainda são necessários alguns ajustes finais para adicionar as logos, ajustar as medidas e inicializar a tampa da caixa.



FIGURA 5 - Caixas do sensor impressa em PLA na impressora 3D Creality. Fonte: Maria Santos.

Este estudo de caso ilustra a importância de uma abordagem metódica e adaptável no design de componentes eletrônicos, evidenciando a necessidade de constante aprendizado e ajustes durante o processo de desenvolvimento. A colaboração e as orientações recebidas foram cruciais para o andamento do projeto, destacando a relevância do trabalho em equipe e da supervisão experiente em projetos tecnológicos complexos.

Vale ressaltar também que, ao longo do processo de modelagem tomou-se como referência um modelo de caixa impressa em material PLA, através de uma impressora 3D, de mesmo modelo à disponível no LiGA-UFRRJ. A caixa de referência foi elaborada pelos parceiros do CENACID-UFPR, denominada “CENACID Tracker”, concebida e desenvolvida pelo docente do departamento de física da Universidade Federal do Paraná, Professor Wilson Alcântara Soares, com a finalidade de acoplar um dispositivo de rastreamento GPS em tempo real com gravação da posição em um cartão micro SD e transmissão de dados em tempo real por *bluetooth*.

CONCLUSÕES

Este projeto tem contribuído para o desenvolvimento da pesquisa acadêmica e científica no campo das geociências, tendo possibilitado um primeiro contato dos discentes no nível de graduação e pós-graduação em geografia da UFRRJ, quanto à pesquisa documental, concepção, implementação

prática e testes de tecnologias de vanguarda, como é a “Indústria 4.0”. Até o presente momento consideramos ter alcançado resultados expressivos, atingindo metas substanciais originalmente propostas. Ainda assim, o desenvolvimento seguirá, a partir de reflexões e desdobramentos (projetos de pesquisa e parceiros afins), apoiando o estabelecimento de novas metas para a elaboração de dispositivos de baixo custo para o monitoramento ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MARINO, T.B.; SILVA, J.X. da; MATHIAS, M.A.S. **Plataforma Vicon SAGA: um instrumento de apoio ao mapeamento colaborativo**. Espaço Aberto, PPGG-UFRJ, v. 13, p. 121-140, 2023.
- MARR, B. What is Industry 4.0? Here's a super easy explanation for anyone. **Forbes**, 2 sept. 2018.
<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone>
- NGO, T.D. et al. Additive manufacturing (3D printing): a review of materials, methods, applications and challenges. **Composites Part B: Engineering**, v. 143, p. 172-196, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- NUGENT, J. Air quality science for all. **The Science Teacher**, v. 88, n. 5, May-Jun. 2021.
- SILVA, R. C. da; PERES, A. SSI_RCS - Rede de Sensores de Baixo Custo para Monitoramento da Qualidade do Ar na Cidade de Porto Alegre. **ATOM POA IFRS - Repositório de Documentos**. [20?].
<http://atom.poa.ifrs.edu.br/index.php/rede-de-sensores-de-baixo-custo-para-monitoramento-da-qualidade-do-ar-na-cidade-de-porto-alegre>
- SOMOS AIRE. **CanAirIO - Citizen network for monitoring air quality**. [s.d.]. <https://canair.io/>

CAPÍTULO 2

MAPEAMENTO PARTICIPATIVO DA FLORESTA NACIONAL MÁRIO XAVIER: UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DO CONCEITO DE LUGAR E SUA RELAÇÃO COM A CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Maiara Rabello Pereira¹

Gustavo Mota de Sousa¹

Tatiana de Sá Freire Ferreira²

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ - Instituto de Geociências. BR-465. Km 7. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. maiararabello@ufrj.br; gustavoms@ufrj.br.

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. tatidesa@gmail.com.

RESUMO

O presente estudo versa sobre a importância do mapeamento participativo no incentivo ao engajamento comunitário e esforços de conservação na Floresta Nacional Mário Xavier, uma importante Unidade de Conservação de Uso Sustentável, situada em Seropédica, Baixada Fluminense, que enfrenta adversidades antropogênicas, tais como a urbanização precária, a falta de saneamento e de desenvolvimento de infraestrutura. A metodologia foi iniciada com a realização de oficinas de mapeamento participativo com técnicos da Flona MX e participantes do programa de extensão "Guarda Compartilhada da Floresta Nacional Mário Xavier" (PEGCFMX), que foram incentivados a representar os elementos significativos do território, utilizando técnicas de desenho sobre uma carta imagem. Os mapas resultantes foram digitalizados e georreferenciados usando o *software* QGIS e validados para garantir precisão e consistência. Os resultados ilustram perspectivas e prioridades distintas, entre os diferentes grupos, que refletem suas interações únicas com a floresta e a representação de lugar para cada um deles. Enquanto o Programa se concentra na educação ambiental, por outro lado, os técnicos priorizam atividades de conservação, realizando patrulhas e trabalho de campo, a fim de proteger a biodiversidade. O estudo destaca a importância do conhecimento baseado no local e do envolvimento da comunidade nos esforços de conservação. Ao envolver as partes interessadas no mapeamento participativo, o estudo aprimorou o entendimento e a apreciação de locais da Flona MX, promovendo sua conservação, como um recurso ecológico e climático vital para a região.

Palavras-chave: cartografia social, mapeamento participativo, unidade de conservação, conservação ambiental.

ABSTRACT

The following article aims to present the importance of participatory mapping in fostering community engagement and conservation efforts in the Mário Xavier National Forest, which is a highly significant Conservation Unit located in Seropédica, at Baixada Fluminense of Rio de Janeiro, facing anthropogenic adversities such as urbanization, lack of sanitation, and infrastructure development. Participatory mapping workshops were conducted with technicians from Flona MX and participants of the "Shared Guardianship of Mário Xavier National Forest" extension program (PEGCFMX), who were encouraged to represent significant elements of the territory, using drawing techniques on an image map. The resulting maps were scanned and georeferenced using QGIS software and validated to ensure accuracy and consistency. The results illustrate distinct perspectives and priorities among different groups, reflecting their unique interactions with the forest and the sense of place for each of them. While the PEGCFMX focuses on environmental education, on the other hand, the technicians prioritize conservation activities, conducting patrols and fieldwork to protect biodiversity. Finally, the study highlights the importance of local-based knowledge and community involvement in conservation efforts. By engaging stakeholders in participatory mapping, the study aims to enhance local understanding and appreciation of places in Flona MX, promoting its conservation as a vital ecological and climatic resource for the region.

Keywords: social cartography, participatory mapping, conservation unit, environmental conservation.

INTRODUÇÃO

A Floresta Nacional Mário Xavier (Flona MX, Figura 1) é uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável, situada na Baixada Fluminense, no município de Seropédica, região metropolitana do Rio de Janeiro, com 493 hectares, que se encontra no domínio da Mata Atlântica (ICMBio, 2022, p. 12). O bioma Mata Atlântica é considerado um *hotspot*, por estar ameaçado em biodiversidade e extensão, já que é um dos principais domínios com alto grau de endemismo, em que, simultaneamente, foi e continua sendo profundamente afetado pela ocupação antrópica, tendo prioridade de conservação (Marques, *et al.*, 2016).



FIGURA 1 - Mapa de localização da FLONA.
Elaboração própria.

A Flona MX possui cerca de 160 hectares de vegetação nativa (ICMBio, 2022 p.20) e ainda, espécies endêmicas ameaçadas de extinção, como a espécie piscícola *Notholebias minimus*, que é conhecida como peixe-das-nuvens e o anfíbio *Physalaemus soaresi*, identificada popularmente como “Floninha”, que foi encontrada apenas nas lagoas e regiões alagadas da UC (ICMBio, 2022 p.14).

Apesar de ser atualmente uma unidade de conservação que possui uma grande importância ecossistêmica, enfrentou, devido a seu histórico de transformações - iniciando como Horto Florestal e depois, Estação Florestal de Experimentação Engenheiro Agrônomo Mário Xavier (EFLEX), passando por uma gama de adversidades. Atualmente, a pressão urbana, a falta de saneamento básico do município que polui os corpos hídricos da área, a criação de três rodovias, que perpassam o seu entorno, além dos conflitos internos, como a depredação, a falta de recursos humanos e financeiros atuam ainda como empecilhos. Diante do exposto, as problemáticas envolvendo a Flona MX, bem como a falta de reconhecimento deste local como uma área protegida por lei, justificam as ações extensionistas, a fim de conservar e propagar informações de uso consciente para a comunidade, o principal intuito deste estudo.

É inegável, desde os primórdios da História do homem, a importância do mapeamento e da utilização dos mapas, uma vez que são sinônimos de um modelo de representação, que permitem conhecer a estrutura de interpretação de diferentes tipos de fenômenos. Porém, faz-se necessário reconhecer que a transmissão do conhecimento, por meio de um mapa, ainda que seja eficaz, possui suas restrições, já que o mesmo não abarca todas as informações espaciais disponíveis, mas sim, uma seleção feita pelo indivíduo responsável.

As representações cartográficas são configuradas com a intenção de comunicar aspectos relevantes, refletindo os interesses e propósitos do cartógrafo, assim como as características específicas do espaço mapeado. Neste caso, a ação de mapear deve ser considerada mais do que simplesmente apenas interpretar o fenômeno, mas também dominar o próprio conhecimento do fenômeno que se está representando (Menezes, 2000). O surgimento de metodologias participativas e colaborativas

reflete a demanda por representações mais inclusivas e diversificadas, dando voz a grupos marginalizados e não especializados em Cartografia. O mapeamento participativo, ao permitir a inserção de diferentes perspectivas e informações geográficas, é uma ferramenta importante na afirmação identitária, conscientização sobre os recursos naturais e na resolução de conflitos socioambientais. As práticas espaciais dos sujeitos, que se tornam autores de seus próprios mapas, podem ser exemplificadas por meio dos marcadores sociais do espaço compartilhado (Ferreira, 2014 p. 5), que são, nada mais do que um retrato da relação homem-meio e o modo que a mesma ocorre.

Nesse sentido, pensando no protagonismo de quem está inserido no dia a dia dessa importante UC, a realização de atividades que envolvam a elaboração de oficinas de mapeamento participativo atendeu técnicos da Flona MX, bem como, alunos e professores participantes do programa de extensão “Guarda Compartilhada da Floresta Nacional Mário Xavier”, ressaltando em uma necessidade de interação e valorização desse local, tão importante para a comunidade local.

METODOLOGIA

O presente estudo procurou analisar, por meio da percepção de trabalhadores e do grupo envolvido com o programa de extensão *Guarda Compartilhada da Floresta Nacional Mário Xavier*, de que forma o conceito de lugar pode ser observado na Flona MX. Dessa forma, de acordo com Tuan (1983), o lugar é marcado por três palavras-chave: percepção, experiência e valores, assim, distinguindo “espaço” de “lugar”, é possível observar que os espaços podem se transformar em lugares à medida que são atribuídos valores aos mesmos, já, por outro lado, o lugar não pode ser compreendido sem ser experienciado.

Nesse sentido, operando como uma alternativa da cartografia social, o mapeamento participativo foi a ferramenta escolhida para identificar os elementos significativos do local, bem como, exercer a conexão entre as ferramentas técnicas geográficas de mapeamento e os agentes sociais inseridos na realidade retratada, visando comunicação e trabalho coletivo. Após pesquisas bibliográficas e obtenção de conhecimentos acadêmico teóricos acerca do tema, foram percebidos diversos métodos da cartografia social como croquis, mapeamentos colaborativos e até questionários, ao qual o mapeamento participativo se mostrou o mais adequado às propostas previamente pensadas, como é possível observar no fluxograma metodológico (Figura 2).



FIGURA 2 -
Fluxograma
metodológico.

O primeiro momento tratou do planejamento da pré-oficina de mapeamento, que constituiu na criação de uma Carta Imagem georreferenciada da Floresta Nacional Mário Xavier com a utilização de um *buffer* de 5 km, possibilitando também a visão dos arredores da UC. Posteriormente, durante a oficina, a mesma foi utilizada, como base para a criação dos croquis, junto aos materiais a serem utilizados, neste caso, tendo sido escolhido o papel vegetal transparente, em sobreposição à carta imagem, e canetinhas, lápis de cor e gizes de cera, como material para a confecção dos desenhos.

As oficinas ocorreram em duas etapas, a primeira, contou com a equipe dos alunos do PEGCFMX e a segunda, com os trabalhadores da FLONA MX. A diversificação na audiência contribuiu para a observação, não somente das diferenças de percepção entre os grupos, como também para correlacionar as referências espaciais compartilhadas, caso existissem, ilustrando a relação daqueles indivíduos com o espaço e a dinâmica social, na qual estão inseridos (Figuras 3 e 4).



FIGURA 3 - Oficina dos técnicos da Flona MX, realizada em 01/08/2023



FIGURA 4 - Oficina dos alunos do PEGCFMX, realizada em 04/07/2023

A oficina teve início com uma explanação teórica sobre o tema para o grupo, seguida de uma breve alfabetização cartográfica, com ênfase na representação gráfica dos fenômenos espaciais, por meio de pontos, linhas e polígonos. Durante as oficinas, a facilitadora evitou fazer sugestões acerca do modo de identificação das feições observadas pelos participantes na carta imagem e interferir na escolha de símbolos e cores, ou ainda, realizar quaisquer direcionamentos dos objetos/fenômenos a serem mapeados.

No início do encontro, foi apresentado o conceito de mapeamento participativo e explicado que iria ser construído naquela oficina um *Mapa Participativo da Floresta Nacional Mário Xavier*, a fim de que os produtores pudessem se sentir à vontade para mapear tudo aquilo que achassem pertinente. Durante o processo produtivo, eles conversavam entre si, para eleger quem ficaria responsável por fazer a legenda, ao passo que outros iam desenhando o croqui e ainda, outros ficassem mais na parte teórica, dando ideias e sugestões, do que inserindo ou não no mapa, que, desse modo, foi construído.

O mapa desenhado sobre a folha de papel vegetal foi digitalizado e, posteriormente, passou por georreferenciamento no *software* de geoprocessamento QGIS, respeitando estritamente os símbolos e itens descritos pelos autores do mapa. A fim de ratificar ou corrigir elementos do mapas, foi realizada uma oficina de validação, a fim de ajustar as convenções cartográficas do mapa temático final. A oficina de validação ocorreu em 29/11/2023, quando os sujeitos mapeados puderam pensar em ajustes nos produtos feitos anteriormente. Uma vez validados, os mapas seguiram para a confecção do *layout* final no QGIS.

RESULTADOS

O trabalho de organização dos dados primários coletados em campo levou certo tempo, porém, como pode-se observar nas Figuras 5 e 6, foram obtidos dois produtos cartográficos das oficinas de mapeamento participativo realizadas, em que pode ser observado certo grau de distinção acerca do detalhamento, uma vez que cada grupo possui uma relação com a UC, no dia a dia, de maneira própria.

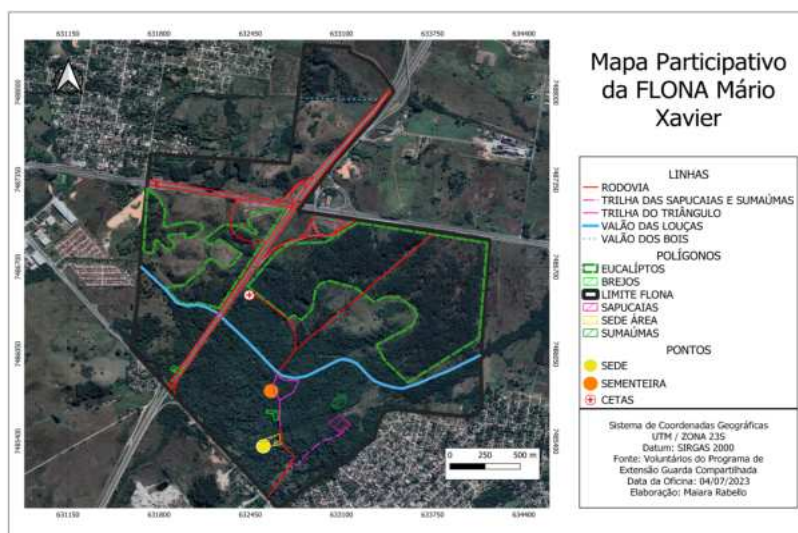


FIGURA 5 - Mapa elaborado pelos alunos PEGCFMX.

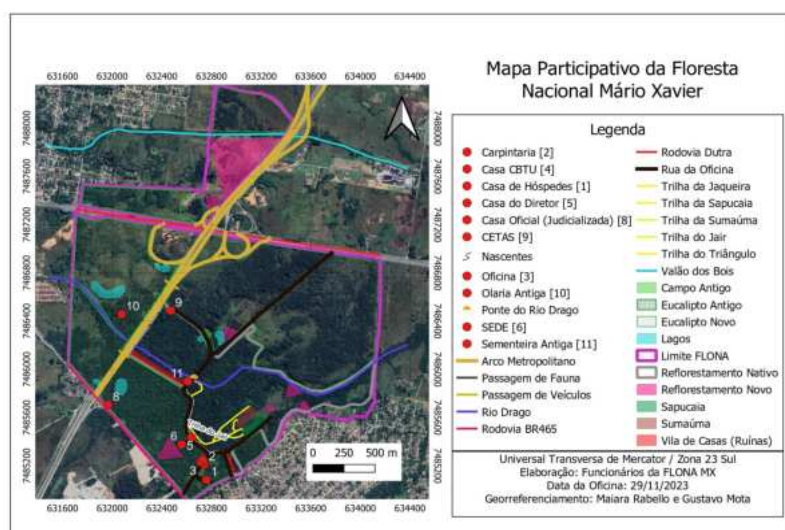


FIGURA 6 - Mapa temático elaborado pelos funcionários do ICMBio.

O programa de extensão "Guarda Compartilhada FLONA MX" tem como objetivo a difusão da educação ambiental para os munícipes de Seropédica, e para isso, atua de um modo fazendo com que o local seja seu laboratório vivo. Ao menos uma vez ao mês, alunos do ensino público básico são levados para realizar uma trilha sensorial chamada "Trilha do Triângulo", ao qual os discentes da UFRRJ e participantes do programa de extensão atuam realizando explicações biogeográficas locais. Portanto, foi percebido que o enriquecimento de detalhes direcionados ao mapa produzido pelo PEGCFMX está altamente ligado à esta região central da Flona, próximo à sede e a trilha em questão, pois é onde eles estão mais habituados a realizarem as ações extensionistas.

Já com relação aos funcionários do ICMBio cedidos ao local, a dinâmica é distinta, a UC necessita de várias rondas e trabalhos de campo, visando a conservação e o manejo de espécies de fauna e flora,

ecologia e conservação da biodiversidade, bem como, a observação de possíveis conflitos presentes. De acordo com o histórico da UC, é possível observar que a sua ocupação, anteriormente, incluiu a função de moradia de dirigentes e funcionários, no horto; e o filho de um desses funcionários, deste tempo pretérito, é atualmente monitor ambiental da Flona MX, o qual contribui com seu conhecimento local, extremamente enriquecedor, tanto do presente quanto do passado, como observado na Fig. 5.

CONCLUSÕES

Por meio do registro do território da Flona MX, os mapas sociais produzidos podem visibilizar algumas práticas espaciais, bem como ajudar a entender a relação dos produtores com o ambiente, ao seu redor, que corresponde a uma UC importantíssima para a região da Baixada Fluminense, porém, pouco divulgada e conhecida. Práticas espaciais estas, que são exemplificadas por meio dos "marcadores sociais do espaço compartilhado" (Ferreira, 2014 p. 5), que são, nada mais do que um retrato da relação homem-meio e o modo com o qual ocorre.

Por outro lado, como dito anteriormente, se o lugar é marcado pela percepção, experiência e valores, e, tampouco, pode ocorrer, sem que haja uma significação através da relação homem-meio para/com o espaço geográfico em questão, a presença dos marcadores sociais são, para além de um retrato desta mesma relação, a exemplificação de que o território desta importantíssima UC também representa um lugar para seus frequentadores assíduos.

Nesse sentido, o presente trabalho, ao explicitar a necessidade de conservação e ampliação de uma conexão entre os municípios com a Flona MX, respeitando as particularidades e normas de gestão e biodiversidade da UC, se apoia na visão de lugar dos participantes das oficinas, explicitadas através de seus produtos cartográficos, promovendo o estreitamento de laços da comunidade com a UC. Esse desenvolvimento do sentido de lugar pode auxiliar no processo de conservação ambiental, uma vez que será ainda mais motivado pela afetividade, funcionando como quebra de paradigmas; e que a sociedade local o enxergue, não mais como um antigo horto florestal, mas sim, tome conhecimento de sua importância biogeográfica para a manutenção ecossistêmica e do clima na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, T.S.F. **Da paisagem ao território**: a arte das garrafas de areia colorida e experiências de mapeamento social em Majorlândia/CE. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Plano de Manejo da Floresta Nacional Mário Xavier**. Rio de Janeiro: MMA/ICMBio, 2022.

MARQUES, M.C.M.; SILVA, A.C.L.; RAJÃO, H.; ROSADO, B.H.P.; BARROS, C.F.; OLIVEIRA, J.A.; FINOTTI, R.; OLIVEIRA, S.N.; AMORIM, A.; CERQUEIRA, R.; BERGALLO, H.G.; Mata Atlântica: O desafio de transformar um passado de devastação em um futuro de conhecimento e conservação. In: Peixoto, A.L.; Luz, J.R.P.; Brito, M.A. de. (org.). **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016. 196p.

MENEZES, P.M.L. de. **A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem**: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos. 208f. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

TUAN, Y.-F. **Espaço e lugar**: A perspectiva da experiência. SciELO-EDUEL, 2013.



EIXO 2

Cartografia histórica e toponímias

CAPÍTULO 3

A CARTOGRAFIA HISTÓRICA COMO FERRAMENTA PARA RECONSTRUÇÃO DOS ITINERÁRIOS DOS BONDES ELÉTRICOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO SÉCULO XX

Adriene dos Santos Duarte¹
Cláudio João Barreto dos Santos²
Renato da Silva Lopes³

1. Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE-IBGE. R. André Cavalcanti, 106. Centro. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20231-050. adriene.duarte@yahoo.com.br.
2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Departamento de Cartografia. R. S. Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20550-013. cljclj6@gmail.com.
3. Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz. Av. Brasil, 4365. Manguinhos. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 21040-900. renato.engcarto@gmail.com.

RESUMO

O artigo apresenta uma contribuição relevante para a história urbana ao utilizar a cartografia histórica e os sistemas de informação geográfica (SIG) para reconstruir os itinerários dos bondes elétricos no Rio de Janeiro desde 1892. A cartografia digital, apoiada nos SIGs, possibilita uma abordagem mais dinâmica e interativa, permitindo a integração de uma gama de informações em um único ambiente. Dessa forma, o objetivo deste artigo é reconstruir os itinerários dos bondes elétricos na cidade do Rio de Janeiro, por meio do georreferenciamento de mapas históricos. Essa abordagem visa reconstruir essas informações com o intuito de preservar o patrimônio histórico da fase significativa da mobilidade terrestre na cidade. Os procedimentos, realizados com o ArcGIS 10.3, preservando o patrimônio cartográfico da mobilidade terrestre, oferecem resultados para pesquisas futuras e resgatam um marco importante na história dos meios de transporte, enriquecendo o acervo cartográfico histórico. Ao reconstruir os itinerários dos bondes elétricos no Rio de Janeiro, esse estudo não apenas resgata um aspecto importante do passado da cidade, mas também demonstra o potencial das ferramentas digitais para preservar eficientemente o patrimônio cartográfico histórico.

Palavras-chave: cartografia histórica; SIG; bondes elétricos; georreferenciamento; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

The article presents a relevant contribution to urban history by using historical cartography and GIS to reconstruct the routes of electric trams in Rio de Janeiro since 1892. Digital cartography, supported by Geographic Information Systems (GIS) software, enables a more dynamic and interactive approach, allowing the integration of a range of information in a single environment. Therefore, the objective of this article is to reconstruct the itineraries of electric trams in the city of Rio de Janeiro, through georeferencing of historical maps. This approach aims to reconstruct this information with the aim of preserving the historical heritage of the significant phase of land mobility in the city. The procedures, carried out with ArcGIS 10.3, preserving the cartographic heritage of terrestrial mobility, offer results for future research and rescue an important milestone in the history of means of transport, enriching the historical cartographic collection. By reconstructing the routes of electric trams in Rio de Janeiro, this study not only rescues an important aspect of the city's past, but also demonstrates the potential of digital tools to preserve and analyze historical cartographic heritage in an efficient and comprehensive way.

Keywords: historical cartography; SIG; electric trams. georeferencing; Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

A conexão entre a história da humanidade e a produção de mapas é complexa e multifacetada, especificamente no âmbito da história urbana, essa relação se torna ainda mais evidente e enriquecedora, especialmente com a incorporação de disciplinas e tecnologias diversas, destacando a cartografia histórica e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A evolução das ferramentas computacionais tem desempenhado um papel crucial ao viabilizar o desenvolvimento de metodologias avançadas para a recuperação e análise de informações contidas em documentos cartográficos históricos, como mapas e/ou plantas. Esse avanço tecnológico tem permitindo uma nova dimensão de compreensão dos processos de transformação do espaço ao longo do tempo, permitindo compreender a história das cidades e sociedades que nelas habitaram. Segundo Menezes (2009), a cartografia histórica busca realizar uma análise minuciosa de mapas e representações cartográficas pretéritas, visando compreender os processos históricos que influenciaram e deram forma ao espaço geográfico representado.

A elaboração de mapas não é apenas uma ferramenta utilitária, mas sim um componente essencial no avanço da humanidade, facilitando a navegação, a exploração territorial, o planejamento urbano e a comunicação visual. Nesse contexto, a cartografia histórica surge como uma ferramenta indispensável para compreender, analisar e reconstruir momentos importantes na história das cidades. Conforme destacado pelo IBGE (2019), a cartografia histórica oferece uma abordagem integradora, que permite a análise conjunta de documentos cartográficos, características ambientais e aspectos históricos, com o propósito de entender os processos de construção do espaço geográfico. Assim, a cartografia histórica emerge como uma ferramenta essencial para a pesquisa e o estudo da história urbana.

No contexto das cidades em constante evolução, o estudo dos meios de transporte desempenha um papel crucial na compreensão do desenvolvimento urbano ao longo do tempo. Os bondes, ao longo da história da cidade do Rio de Janeiro, tornam-se peças chave para compreender e analisar uma variedade de eventos ao longo do tempo. Nesse sentido, a cartografia histórica desempenha um papel crucial, oferecendo uma valiosa perspectiva para estudos e pesquisas em diversas áreas. A cidade do Rio, com sua rica história e paisagem urbana peculiar, testemunhou ao longo dos séculos uma evolução marcante nos seus sistemas de transporte. Entre os sistemas de transporte que moldaram o cenário urbano, os bondes ocuparam um lugar de destaque na cidade, onde operaram desde o século XIX.

Os bondes desempenharam um papel crucial na integração da cidade do Rio de Janeiro ao longo da sua história. Desde sua introdução, as distâncias entre os bairros se reduziram e as viagens se tornaram mais acessíveis e eficientes. “A forma como se deu esse processo levou a uma nova estruturação social na divisão do espaço da capital” (Weid, 1994, p. 2). Inicialmente, impulsionados pelo uso de tração animal, os bondes desempenharam um papel crucial no desenvolvimento da cidade, apesar dos desafios impostos pelo espaço urbano. A eletrificação das linhas de bonde representou um marco na modernização da cidade, proporcionando um meio de transporte mais rápido e seguro:

No final do século surgiram novas formas de energia, com a descoberta da eletricidade, e começaram as experiências de aplicação de novos sistemas. Quando foram renovadas as concessões das companhias de bondes, em 1890, uma das cláusulas inseridas em quase todos os contratos era a exigência de eletrificação das linhas. (WEID, 1994, p. 18)

Em 1906, durante a construção da primeira usina para fornecer energia elétrica em larga escala para a cidade, a Light adquiriu o controle majoritário das companhias de tração animal: Ferro Carril de Vila Isabel, Companhia de São Cristóvão, Companhia de Carris Urbano, Ferro Carril do Jardim Botânico e a Ferro Carril Carioca (Tabela 1), ponto de partida para a implementação do sistema unificado de bondes elétricos, e a Light passar a investir muito na expansão da rede para todo o subúrbio carioca.

TABELA 1 - Cronologia resumida da Light.

	Ano	Acontecimento
LIGHT	1904	Fundação no Canadá, sob o nome The Rio de Janeiro Tramway, Light & Power Co. Ltd.
	1907	Assume o controle acionário das empresas São Cristóvão, Vila Isabel e Carris Urbanos
	1910	Adquire a Cia. Ferro-Carril Jardim Botânico mas mantém a independência desta companhia
	1911	Assume o controle acionário da Linha Circular Suburbana de Tramways, da Cia. Estrada de Ferro da Tijuca e da Cia. Ferro-Carril de Jacarepaguá
	1916	Unifica e integra as empresas São Cristóvão, Vila Isabel e Carris Urbanos
	1928	Assume a concessão da Linha Circular Suburbana de Tramways (linha de Magno a Irajá)
	1928	Eletrifica a linha de bondes a burro entre Magno e Irajá
	1946	Incorpora a Cia. Ferro-Carril do Jardim Botânico

Fonte: Bondes do Rio (<https://www.bondesrio.com>).

Segundo Weid (1994) a companhia que atendia a região da Ilha do Governador foi a única que resistiu à empresa Light. Em 1922, a Companhia Melhoramentos da Ilha do Governador inaugura a primeira linha de bondes elétricos no bairro, ligando a Praia do Zumbi à Praia da Freguesia, se mantendo independente do sistema da Light. A expansão das redes de bondes permitiu que os cidadãos explorassem novas áreas da cidade e facilitou o acesso a locais de lazer, comércio e trabalho. Além disso, os bondes desempenharam um papel importante na promoção da coesão social, permitindo que pessoas de diferentes origens e classes sociais compartilhassem o mesmo espaço público e se conectassem em uma cidade em constante transformação. A presença dos bondes nas ruas do Rio de Janeiro, não apenas facilitou a mobilidade urbana, mas também contribuiu para a identidade e cultura da cidade, deixando um legado histórico que perfura até os dias de hoje. Mesmo após o declínio de sua popularidade com a ascensão do transporte motorizado. Diante dessa perspectiva, o objetivo deste artigo é a criação de uma base cartográfica em meio digital dos itinerários dos bondes elétricos atuantes na cidade do Rio de Janeiro, por meio do georreferenciamento relativo de mapas históricos.

METODOLOGIA

Para conduzir o estudo, foi essencial realizar uma minuciosa busca de mapas e/ou plantas, que documentassem os trajetos dos sistemas de bonde elétrico, atuantes na cidade do Rio de Janeiro, no século XX. Esses documentos cartográficos serviram como base primordial para a reconstrução das rotas pertencentes às duas companhias atuantes na época, a *Light and Power Company* e a Companhia Melhoramentos da Ilha do Governador. A pesquisa detalhada desses documentos permitiu uma compreensão aprofundada da extensão e disposição das linhas de bonde, proporcionando assim uma reconstrução dessas antigas rotas. A escolha dos mapas e/ou plantas foi realizada seguindo as diretrizes específicas de conservação e os critérios cartográficos essenciais, como escala e legenda.

Para reconstruir o traçado das linhas de bondes atuantes na tração elétrica foram utilizados dois mapas, um para retratar as linhas atuantes na Ilha do Governador e outra para o restante da cidade do Rio de Janeiro, seguindo a cronologia apresentada no contexto histórico. Para a reconstrução dos traçados fez-se o uso de ferramentas computacionais em ambiente SIG, especificamente, no ArcGIS 10.3. Para análise, executou-se o georreferenciamento de maneira relativa, isto é, correlacionando o cruzamento entre as feições presentes nos mapas históricos com as informações contemporâneas, especificamente, utilizando a base de logradouros e Limite de Bairros, ambos disponibilizada pelo DATA.RIO, referenciados ao SIRGAS2000 e projetados em UTM Fuso 23S.

A metodologia proposta apresenta desafios, uma vez que envolve a combinação de mapas históricos, os quais podem perder qualidade ao longo do tempo, com bases de dados atuais. Portanto, o georreferenciamento foi realizado com cautela, visando evitar distorções significativas das características originais dos mapas analisados.

As Figuras 1 e 2 representam os itinerários das companhias atuantes da época e pertencem ao acervo da Biblioteca Nacional, com resolução de 300 dpi. Todos os procedimentos metodológicos foram executados utilizando o SIG ArcGIS 10.3. Esta abordagem metodológica possibilita auxiliar no processo de investigação, localização e visualização de acontecimentos importantes, em um determinado tempo e espaço.

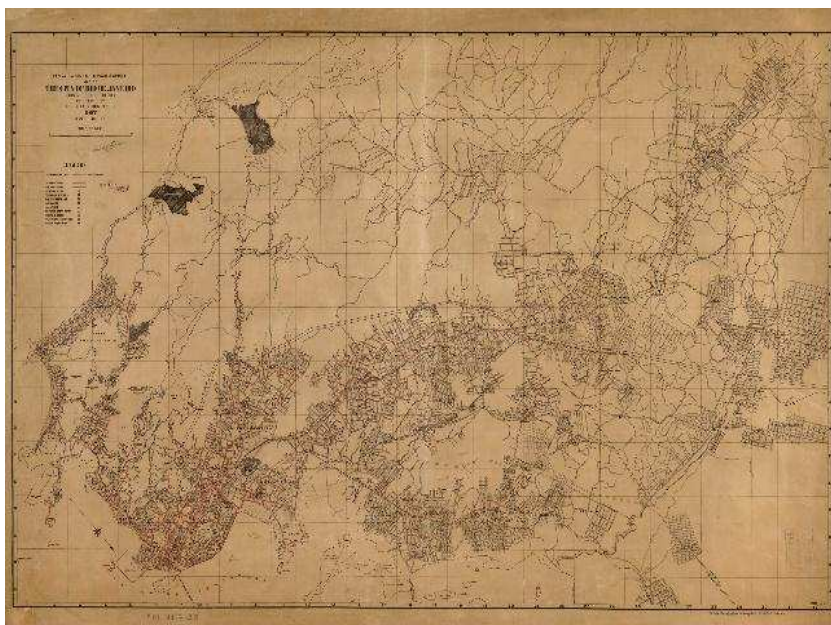


FIGURA 1 - Map of the city of Rio de Janeiro, showing public utilities operated by subsidiary companies (1937). Fonte: BN Digital Biblioteca Nacional (2024).



FIGURA 2 - Mapa da Ilha do Governador do Serviço Geográfico Militar (1922). Fonte: BN Digital Biblioteca Nacional (2024).

Após o processo de georreferenciamento, os itinerários foram vetorizados e organizados em arquivos no formato *shapefiles*. Cada arquivo representa uma companhia atuante na época do estudo. Posteriormente, esses dados vetoriais foram então empregados na elaboração de mapas temáticos, utilizando, como camada base (*base layer*), o *Basemap* do ArcGIS 10.3.

RESULTADOS

Para o georreferenciamento do Mapa da Companhia *Light and Power Company*, foram geoespacializados uniformemente 42 pontos. Na Figura 3, é possível visualizar, tanto os pontos georreferenciados quanto as informações associadas a cada um deles.

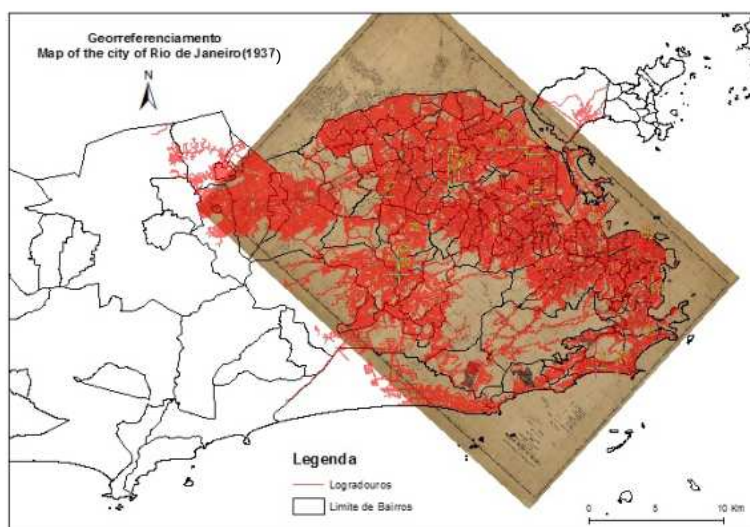


FIGURA 3 -
Georreferenciamento do
Map of the city of Rio de
Janeiro (1937).
Elaboração própria.

Para o georreferenciamento do Mapa da Companhia Melhoramentos da Ilha do Governador foram geoespacializados uniformemente 4 pontos (Figura 4).

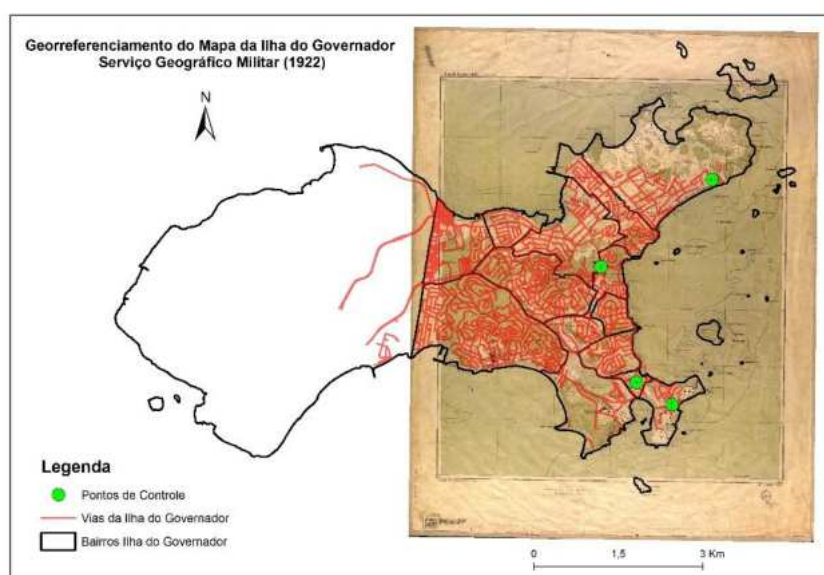


FIGURA 4 -
Georreferenciamento
do Mapa da Ilha do
Governador (1922).
Elaboração própria.

A Figura 5 representa a reconstrução dos itinerários das duas companhias de bondes elétricos que operavam na cidade do Rio de Janeiro no século XX. Essa representação é resultado de uma extensa pesquisa histórica e cartográfica, combinada com técnicas de georreferenciamento. Os itinerários reconstruídos fornecem uma visão abrangente e detalhada das rotas percorridas pelos bondes elétricos. Essa visualização histórica é uma ferramenta valiosa para entender um pouco da dinâmica do transporte público na cidade e para preservar a memória dos mesmos que desempenharam um papel significativo na vida urbana do Rio de Janeiro.

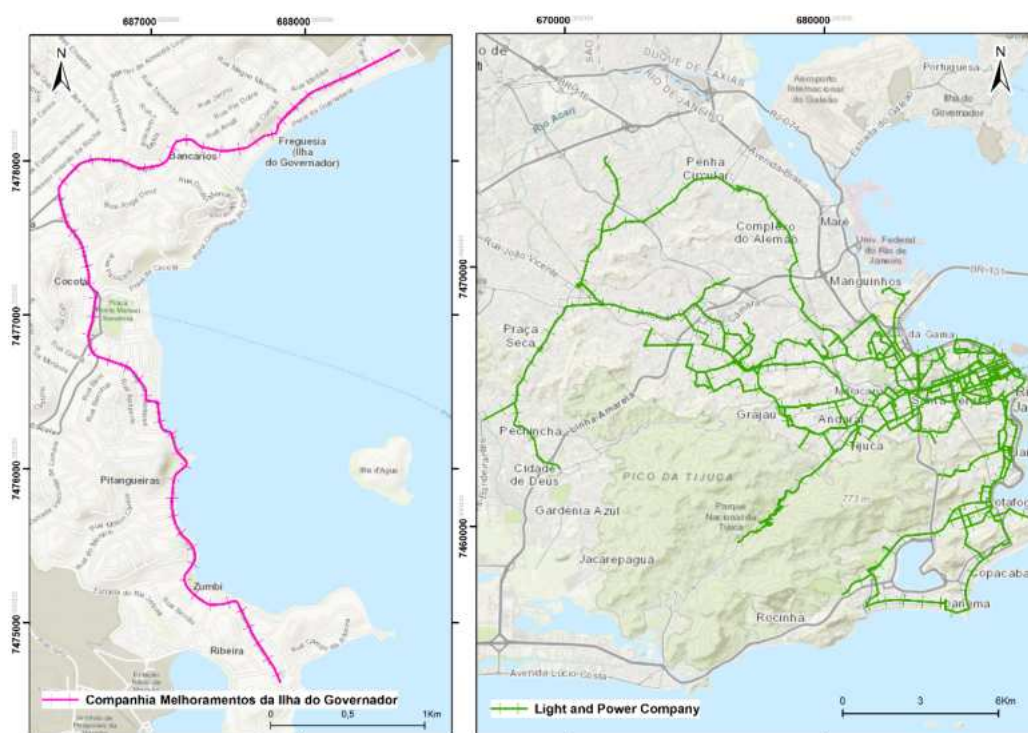


FIGURA 5 - Reconstrução dos itinerários dos bondes elétricos na cidade do Rio de Janeiro no século XX. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A cartografia histórica desempenha um papel importante na preservação da memória geográfica e na compreensão da evolução do espaço urbano, ao longo do tempo. A análise cuidadosa dos mapas históricos e suas representações pretéritas enriquecem a compreensão histórica e geográfica de uma determinada região.

A abordagem metodológica adotada, que combina pesquisa cartográfica e bibliográfica, materiais cartográficos, georreferenciamento e análise temática, resultou em uma reconstrução detalhada e autêntica das linhas e os trajetos dos bondes, que utilizavam tração elétrica, na cidade do Rio de Janeiro. Esse processo, não apenas permitiu visualizar as rotas históricas, mas também proporcionou uma compreensão profunda do contexto urbano e do transporte público naquela época.

A *Light and Power Company* foi uma das principais empresas responsáveis pela introdução e operação dos bondes elétricos na cidade do Rio de Janeiro, durante o século XX. Os bondes da companhia conectavam diferentes bairros, construindo novas linhas de bonde para atender áreas em expansão e incentivando o crescimento do subúrbio da cidade. De acordo com Weid (1994), a presença da companhia também gerou controvérsias, especialmente, devido ao seu controle monopolista sobre os serviços públicos essenciais, como energia elétrica e transporte. A Melhoramentos da Ilha do Governador ligava a Praia do Zumbi à Praia da Freguesia, passando pela praia de Cocotá.

Portanto, é possível afirmar que o método aplicado neste trabalho gerou resultados satisfatórios. Os mapas produzidos possibilitaram resgatar um marco na história dos meios de transporte, contribuindo para a construção de um acervo histórico cartográfico digital sobre o tema. Essa abordagem fornece importantes recursos de consulta e referência para o público, em geral, interessado na compreensão e resgate do espaço urbano e dos meios de transporte históricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Serviço Geográfico Militar. **Ilha do Governador**. Rio de Janeiro, RJ: Serviço Geográfico Militar, 1922. 1 mapa em 2 seções, col., cada seção 71 x 62cm. Escala 1:10.000. (W43°20'-W43°5' / S22°10'-S22°10'-S22°35'). http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_cartografia/cart544907/cart544907.pdf
- BRAZILIAN TRACTION, LIGHT AND POWER COMPANY. **Map of the city of Rio de Janeiro, showing public utilities operated by subsidiary companies**. São Paulo: Comp. Lith. Ypiranga, 1937. 1 mapa, 58 x 83cm. http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_cartografia/cart231159/cart231159.html
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Atlas Escolar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- MENEZES, P.M.L. de. Cartografia histórica: um instrumento de análise geográfica. In: BICALHO, A.M.S.M.; GOMES, P.C.C. **Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa Geográfica**. Rio de Janeiro: Publit, 2009. p. 249-266.
- WEID, E.V.D. O Bonde Como Elemento de Expansão Urbana no Rio de Janeiro. **Siglo XIX**, Cidade do México, n. 16, p. 78-103, 1994.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE TOPONÍMICA COMPARATIVA DOS MAPAS DA NOVA LUSITÂNIA NO CONTEXTO DO ENCARTE DO RIO DE JANEIRO

Gabriel de Oliveira Alves¹
Letícia de Oliveira Leite Marques¹
Lucas Lanzaro Reis¹
Daniel Ribeiro Gomes Di Salvo¹
Tainá Laeta¹
Paulo Márcio Leal de Menezes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. gabrieldeolivalves@gmail.com; leticia8marques@gmail.com; lucas.llr.reis@gmail.com; danieldisalvo97@gmail.com; tainalaeta@gmail.com; pmenezes@igeo.ufrj.br.

RESUMO

O presente trabalho considera a relevância da Cartografia Histórica, no papel de oferecer informações valiosas sobre a evolução do espaço geográfico, por meio da análise de documentos históricos cartográficos. Partindo disso, tem como objeto de análise, a *Carta da Nova Lusitânia*, nomeada *Carta geografica de projecção espherica orthogonal da Nova Lusitania ou America Portuguesa, e Estado do Brazil*, a partir dos exemplares de Coimbra, datados de 1797, e de Lisboa, cuja data ainda é incerta, porém, acredita-se ser do início do Século XIX, portanto, referido como '180X'. Utiliza-se como recorte geográfico, o enquadramento do encarte, que contempla a atual Cidade do Rio de Janeiro. A extração e consequente classificação dos topônimos foi feita a partir das metodologias de Dick (1990) e Menezes (2020), em ambiente SIG, considerando as classificações linguísticas e geográficas dos topônimos, bem como das feições que estes representam. A análise e a discussão dos resultados obtidos trazem hipóteses, quanto à adoção e/ou evolução dos topônimos, de um ponto de vista geográfico e histórico, e faz algumas considerações.

Palavras-chave: cartografia; toponímia; cartografia histórica; Nova Lusitânia; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

This research considers the historic and cartographic relevancy on providing valuable geographic space's evolution information, per historical and cartographic documents analysis. Therefore, it's main object of interest is the topographic map of Nova Lusitania, named Carta geografica de projecção espherica orthogonal da Nova Lusitania ou America Portuguesa, e Estado do Brazil, using its 1797 and century XIX copies, and the assumed area of interest is its Rio de Janeiro attachment. The extraction and the classification meet Dick (1990) and Menezes (2020) methods, using GIS environment, and considering linguistic and geographic currents of classification. The analysis and discussion give hypotheses on toponyms adoption, and final considerations.

Keywords: cartography; toponymy; historical cartography; Nova Lusitania; Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

A cartografia histórica desempenha um papel crucial, ao oferecer informações valiosas sobre a evolução do espaço geográfico, por meio de documentos históricos cartográficos. Além de contribuir para a compreensão das características temporais, sociais, econômicas, políticas e culturais de um lugar, também enriquece diversas áreas de pesquisa, como a geografia histórica, a geografia urbana e a toponímia. A partir da preocupação do campo da onomástica, no estudo dos nomes próprios das pessoas e dos lugares, estabelecem-se, respectivamente, os ramos da antroponímia e da toponímia,

sendo a última, o foco do presente trabalho. Neste estudo, serão empregados como objeto de análise, os exemplares do mapa da Nova Lusitânia (de 1797 e do século XIX), com o objetivo de analisar, de forma comparativa, a toponímia do encarte do Rio de Janeiro, com fins a avaliar alguns parâmetros geográficos, históricos e linguísticos dos topônimos.

MATERIAIS

Como material, foi utilizada *A CARTA GEOGRAFICA DE PROJEÇÃO ESPHERICA ORTHOGONAL DA NOVA LUSITANIA ou América Portuguesa e Estado do Brazil*. Trata-se de um documento histórico cartográfico, historicamente relevante, por representar todo o território brasileiro que, à época, pertencia à Coroa Portuguesa, bem como parte dos territórios espanhóis, franceses e holandeses adjacentes. A partir do trabalho de Antonio Pires da Silva Pontes Leme (1797, 181?) e dos desenhistas José Joaquim Freire e Manuel Tavares da Fonseca, foram produzidos três exemplares do documento, a partir do ano de 1797 (Corrêa-Martins, 2011). Cada um dos exemplares pesquisados inclui encartes, que representam algumas áreas mais detalhadamente e, por consequência, incluindo mais topônimos.

O exemplar de 1797 é composto por 76 cartas, com dimensões totais de 142 cm de largura por 128 cm de altura, incluindo três encartes: 'BARRA DA BAHIA', 'RIO DE JANEIRO' e 'TOPOGRAFICO DO RIO GRANDE DE S. PEDRO'. Encontra-se atualmente no Observatório Astronômico da Universidade de Coimbra. A Fig. 1 representa o encarte do Rio de Janeiro para o exemplar de 1797.



FIGURA 1 - Encarte Rio de Janeiro do exemplar 1797 da Carta da Nova Lusitânia.
Fonte: Acervo da Universidade de Coimbra.

A cópia de 1798, por sua vez, encontra-se no Rio de Janeiro, sob a guarda do Arquivo Histórico do Exército Brasileiro (AHEx), tem dimensões de 148 cm e largura por 133 cm de altura. Apresenta quatro encartes, sendo eles, do Norte ao Sul: 'BARRA DO PARÁ', 'BAHIA DE TODOS OS SANTOS', 'RIO DE JANEIRO' e 'RIO GRANDE DE S. PEDRO DO SUL'.

Por último, o exemplar de 181X encontra-se sob os cuidados da Diretoria de Infraestrutura de Engenharia do Exército Português, Lisboa, possui dimensões de 202 cm de largura por 199 cm de

altura, incluindo cinco encartes: 'OLINDA', 'BARRA DA BAÍA', 'CABO FRIO', 'BARRA DO RIO DE JANEIRO', e 'BARRA DO RIO GRANDE DE S. PEDRO'. A Figura 2 representa o encarte do Rio de Janeiro para o exemplar de 181X. Ressalta-se que esse exemplar (Fig. 2), bem como o de 1797, são o objeto de estudo do presente trabalho. Nos dois encartes, percebem-se diferenças quanto às áreas representadas, possivelmente, explicadas pelo fato dos mapas terem sido confeccionados em contextos temporais próximos, porém, distintos.

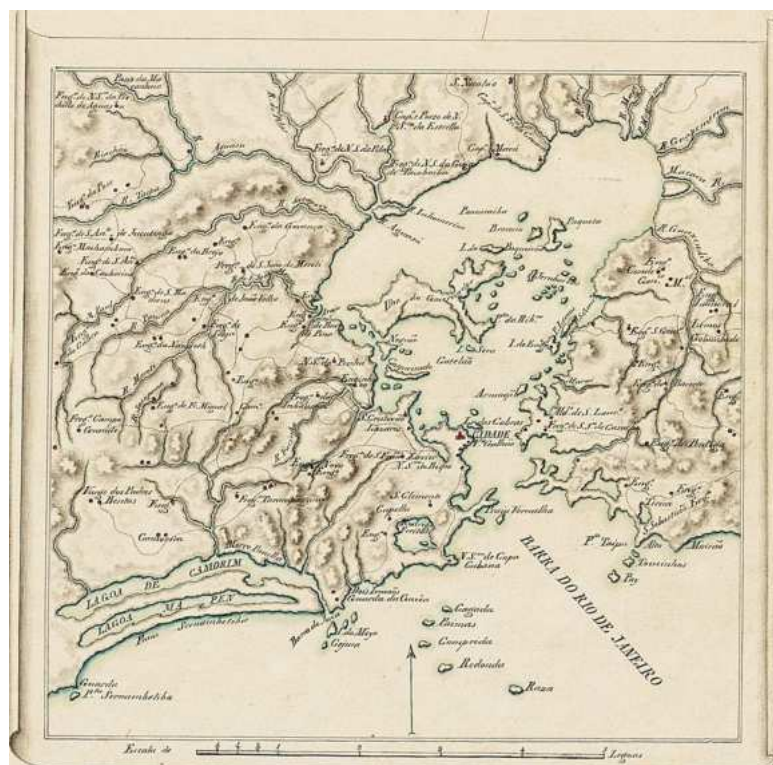


FIGURA 2 - Encarte *Rio de Janeiro*, do exemplar 180X da *Carta da Nova Lusitânia*.
Fonte: Diretoria de Infraestrutura de Engenharia do Exército Português.

MÉTODOS

A metodologia do trabalho consistiu em quatro etapas. A primeira, foi a entrada de dados, isto é, obtenção (recorte) dos encartes do Rio de Janeiro. Para além do trabalho diretamente sobre os exemplares de 1797 (Figura 1) e 181X (Figura 2), a análise também considera o trabalho de Di Salvo (2023), que classificou e analisou, pelos mesmos métodos, o exemplar de 1798. A segunda etapa, foi realizado o pré-processamento, onde os topônimos foram extraídos das feições nos encartes, com auxílio do sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS. A terceira etapa consistiu na classificação quanto à origem, ou seja, a que idioma pertence, sucedido pela classificação linguística e a classificação geográfica. Por último, após a classificação dos topônimos extraídos, foi realizada a análise comparativa dos topônimos do encarte do Rio de Janeiro para os anos 1797 e 181X (Fig. 3).

A primeira classificação toponímica é em relação à origem linguística do nome, ou seja, a que idioma pertence, a importância desta primeira classificação se dá pela tarefa de embasar os demais critérios da classificação linguística.

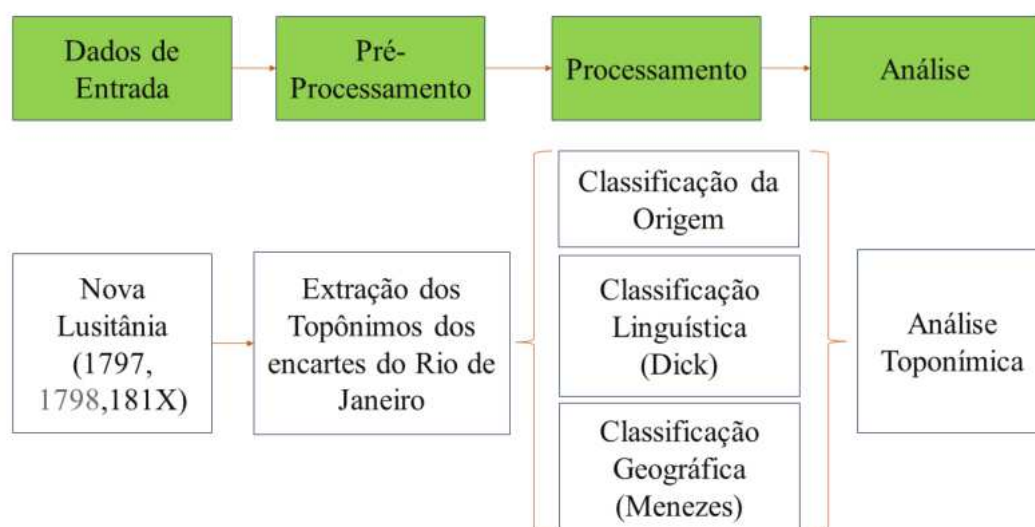


FIGURA 3 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa. Elaboração própria.

Dick (1990) apresenta uma discussão geográfica, epistemológica e linguística, acerca do conceito de ambiente, culminando na sua conceituação do ambiente físico e do ambiente social. A partir disso, sua metodologia considera a natureza do topônimo, segundo *natureza física* e *natureza antropocultural*, estabelecendo para essas, 13 e 18 classes, respectivamente. Essa classificação é feita a partir do termo específico do topônimo, dizendo respeito a *que* aspecto, antropocultural ou físico, está relacionado o termo.

Dessa forma, o topônimo “Rio do Peixe”, por exemplo, seria considerado de *natureza física*, e dentro desta, pertinente à taxa dos *zootopônimos* (ou os topônimos relativos ao reino animal). Destaca-se que é possível que um mesmo topônimo se enquadre em mais de uma dessas classes e, até mesmo, em ambas as naturezas, sendo considerado, portanto, um *topônimo híbrido*.

Menezes (2020) considera o termo genérico do topônimo para a classificação geográfica, primeiramente, classificando-o quanto ao *grupo geográfico* (GRUPO_GEO), seguido da classificação do *identificador geográfico* (ID_GEO). O *grupo geográfico* consiste, como o próprio nome indica, no agrupamento das feições com mesmo significado geográfico. Já o *identificador geográfico*, refere-se a especificação da feição geográfica, dentro de determinado agrupamento. Assim, utilizando-se do exemplo anterior, ‘Rio do Peixe’, é enquadrado no *grupo geográfico hidrografia* (HDR), por representar a feição rio, classificada assim com o *identificador geográfico* ‘Rio’.

Realizada a extração e classificação dos topônimos, segundo esses três critérios estabelecidos e com o auxílio do SIG ArcGIS, tais dados foram posteriormente exportados e tabulados no programa Microsoft Excel, de forma a facilitar as análises pretendidas.

RESULTADOS

Quanto à classificação dos topônimos, considerando a sua origem, predominam os de origem portuguesa e indígena, tanto em 1797 quanto em 181X. Do total de 132 topônimos extraídos no mapa de 1797, 42 são de origem indígena, 79 são de origem portuguesa e 1 é de origem inglesa. No mapa de 181X, houve 93 topônimos com origem portuguesa, além de 43 de origem indígena e apenas 1 com origem espanhola e 1 com origem francesa (Tabela 1).

Observa-se, conforme a Tabela 2, para ambos os exemplares, a predominância de topônimos de *natureza antropocultural*, na qual, a classe mais recorrente foi a dos *hagiotopônimos*, com 16

ocorrências no exemplar 1797 e 14 em 181X. Esta classe taxonômica foi seguida pelos *antropotopônimos* (10 registros em 1797 e 10 registros em 181X) e pelos *ergotopônimos* (9 registros em 1797 e 8 registros em 181X). Na classificação dos topônimos de *natureza física*, predominam as taxonomias de *zootopônimos*, tanto para 1797, com 13 registros, quanto para 181X, com 14 registros.

Quanto ao *grupo geográfico*, predominaram as feições referentes a *localidades* (66 topônimos, em 1797, e 66, em 181X) e *hidrografia* (57 topônimos, em 1797, e 51, em 181X). Os identificadores de ilhas, freguesias, engenhos, rios e lugares somam a grande maioria das feições, de forma a representar consideravelmente bem os tipos de ocupação e o sítio local (Tabela 3).

Além disso, frisa-se a existência de topônimos que não foram enquadrados em qualquer dos grupos ou classes, sendo assim, alocadas entre *não classificado* e *não identificado*. A classe *não identificado* reúne topônimos que, por algum motivo, não puderam ser lidos ou interpretados, eventualmente, por estarem incompletos, ou escritos sobre (ou sob) feições do mapa, entre outros motivos. Na carta de 1797, esta classe reuniu 12 topônimos, ao todo, e na carta de 181X, apenas 8. E ainda, a classe *não classificado* diz respeito aos topônimos que, apesar de identificados, não puderam ser classificados quanto à natureza e à taxonomia, por serem constituídos apenas pelo termo genérico (por exemplo, *engenho* ou *forte*) e, por sua vez, reuniu respectivamente 12 e 15 topônimos (em 1797 e 181X).

TABELA 1 - Origem linguística dos topônimos extraídos do encarte *Rio de Janeiro*.

Origem	1797	181X
Espanhola	1	1
Francesa		1
Indígena	42	43
Inglesa	1	
Portuguesa	79	93

Elaboração própria.

TABELA 2 - Classificação da natureza dos topônimos extraídos do encarte *Rio de Janeiro*.

Natureza	1797	181X
Antropocultural	49	48
Física	43	41
Antropocultural/ Física	7	7
Não Classificado	15	23
Não Identificado	7	12

Elaboração própria.

TABELA 3 - Classificação do grupo geográfico dos topônimos extraídos do encarte *Rio de Janeiro*.

Grupo_GEO	1797	181X
ADM	1	3
DESC	1	
ETN	1	1
HDR	51	57
LOCAL	64	66
OROG	1	2
RVIARIA	1	1

Elaboração própria.

DISCUSSÃO

Considerando o contexto histórico, político e econômico, referente ao intervalo temporal de produção dos mapas históricos, estima-se que a predominância observada de nomes de origem portuguesa é explicada, não somente por se tratar do período de conquista e colonização portuguesas sobre as terras brasilienses, mas também pela consequente renomeação de muitas feições geográficas, anteriormente nomeadas com nomes de línguas indígenas.

A hipótese da reforma linguística de Marquês de Pombal, como principal vetor dessa substituição toponímica, é aqui considerada. Tendo sido decretada no início da segunda metade do século XVIII, é consideravelmente anterior à produção das cartas, que, como se sabe, aconteceu entre o final do mesmo século e o início do século seguinte. Similar e consequentemente, a tradição portuguesa da religião católica motivou a adoção de muitos nomes relacionados a clérigos, santos e santas da hagiologia romana, culminando na predominância, como visto nas tabelas acima, dos *hagiotopônimos*, e consequentemente, incrementando os valores do grupo de *natureza antropocultural*.

Também, a ocupação corrente da área, além da rede hidrográfica densificada do Rio de Janeiro, pouquíssimo alterada até aquele momento, são revelados, respectivamente, pela proeminência das feições enquadradas nos grupos geográficos *localidades* e *hidrografia*, pela presença de *freguesias*, *engenhos*, *lugares*, *rios* e *ilhas*. Os demais grupos reúnem outras feições, presentes de forma menos expressiva.

CONCLUSÕES

A partir dos topônimos extraídos dos encartes *Rio de Janeiro*, referentes aos exemplares de 1797 e 181X, bem como a sua classificação quanto à origem, linguística e geografia, e consequente análise toponímica comparativa, foi observada a predominância de topônimos de origem portuguesa e de natureza antropocultural, especificamente, da classe dos *hagiotopônimos*. Assim como, constatou-se a prevalência de feições geográficas do grupo geográfico de *localidades*, sendo *engenho*, o identificador geográfico que mais aparece como termo genérico dos topônimos. Como etapas futuras da pesquisa, espera-se empregar esta mesma metodologia para estender o estudo para os demais encartes (1797 e 181X), para dar continuidade às análises da toponímia da *Carta*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONIO PIRES DA SILVA PONTES LEME. **Carta Geografica de Projecção Espherica Orthogonal da Nova Lusitania ou America Portuguesa e Estado do Brazil – 1797**. Coimbra: Observatório Astronômico da Universidade de Coimbra. Litografia desconhecida, 142cm x 128cm.
- ANTONIO PIRES DA SILVA PONTES LEME. **Carta Geografica de Projecção Espherica Orthogonal da Nova Lusitania ou America Portuguesa e Estado do Brazil – 181?**. Lisboa: Diretoria de Infraestrutura de Engenharia do Exército Português. Litografia desconhecida, 202cm x 199cm.
- CORRÊA-MARTINS, F.J. As várias "faces" da "Nova Lusitania", de Antonio Pires da Silva Pontes Leme. In: **IV Simpósio Luso Brasileiro**, Porto, 2011.
- DICK, M.V.P.A. **A Motivação Toponímica e a Realidade Brasileira**. São Paulo: Edições do Arquivo do Estado de São Paulo, 1990. 387p.
- DI SALVO, D.R.G. **Estudo Toponímico e sua Abordagem Interdisciplinar no Ensino**: estudo de caso da Nova Lusitânia (1798). 85f. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2023.
- MENEZES, P.M.L. de. **Roteiro de Extração de Nomes Geográficos em Mapas Antigos ou Históricos**. Notas de aula. Laboratório de Cartografia – GeoCart, Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO/UFRJ, 2020.

CAPÍTULO 5

ESTADO DA ARTE DA FAZENDA NACIONAL DE SANTA CRUZ E OS DESAFIOS DA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

Edite Moraes da Costa¹

Alessandra Svonka Palmeiro¹

Luiz Guimarães Barbosa¹

Thaina Felix de Brito¹

Marcelo Mendes da Fonseca Uberti¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Engenharia. BR-465. Km7. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. mcedite@gmail.com; alepalmeiro@gmail.com; guimaufrrj@gmail.com; felixdebritothaina@gmail.com; marcelomendesadv@yahoo.com.br.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo apresentar o estado da arte da Fazenda Nacional de Santa Cruz (FNSC), constituída por volta de 1590, considerada o mais opulento patrimônio da Companhia de Jesus no Brasil, cujos membros são os jesuítas. É um exemplo emblemático dos interesses políticos, econômicos e religiosos que permearam a formação do Estado brasileiro (BRASIL, 1892). Adicionalmente, o trabalho expõe desafios que impactam os estudos científicos e de pesquisa envolvidos na regularização fundiária dos imóveis rurais que a compõem. Um passivo com mais de quatro séculos, com origem na doação da Sesmarias de Guaratiba ao militar Cristóvão Monteiro, em 1567. Sua propriedade, desde 1968, está com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que em 2021, iniciou-se o processo de reforma agrária para desapropriação das terras de seu nome e ordenamento territorial do país. A metodologia aplicada consiste em um fluxo que se inicia na análise documental, histórica e jurídica da malha fundiária local. Seguido do georreferenciamento dos limites das propriedades rurais, realizado pelo posicionamento com receptores GNSS e com o uso de topografia clássica, no processamento dos dados e geração das peças técnicas (memorial descritivo e plantas), visando a titulação de propriedade aos atuais ocupantes da área. Para exemplificar o processo executado, foram utilizados dados da Gleba Boa Esperança, no município de Seropédica, Rio de Janeiro.

Palavras-chave: georreferenciamento de imóveis rurais; titulação de terras; cartografia temática; sistema de informações geográficas.

ABSTRACT

The aim of this work was to present the state of the Santa Cruz National Farm, founded around 1590 and considered the most opulent legacy of the Society of Jesus in Brazil, of which the Jesuits are members. It is an emblematic example of the political, economic and religious interests that permeated the formation of the Brazilian state (BRASIL, 1892). In addition, the work reveals the challenges that impact the scientific and research studies involved in the land regularization of the rural properties that comprise it. A debt with more than four centuries of history, originating from the donation of Sesmarias de Guaratiba to the military Cristóvão Monteiro, in 1567. Its ownership, since 1968, has been with the National Institute of Colonization and Agrarian Reform, which in 2021, began the agrarian reform process to expropriate the lands of their name and the territorial order of the country. The methodology applied consists of a process that begins with the documentary, historical and legal analysis of the local land network. This is followed by the georeferencing of the boundaries of rural properties, carried out through positioning with GNSS receivers and the use of classical topography, in data processing and the generation of technical pieces (descriptive memorial and plans), aimed at titling the property to the current occupants of the area. To illustrate the process carried out, data from Gleba Boa Esperança, in the municipality of Seropédica, Rio de Janeiro, were used.

Keywords: georeferencing rural properties; land titling; thematic cartography; geographic information system.

INTRODUÇÃO

A Fazenda Nacional de Santa Cruz (FNSC) possui atualmente uma área de aproximadamente 80.000 ha e envolve 11 municípios (Rio de Janeiro, Itaguaí, Seropédica, Nova Iguaçu, Piraí, Rio Claro, Japeri, Mendes, Miguel Pereira, Engenheiro Paulo de Frontin e Paracambi) do estado do Rio de Janeiro. Tendo oito municípios já desmembrados.

De acordo com as normas vigentes, a Secretaria de Patrimônio da União (SPU) é o órgão responsável por todos os bens imóveis da União, como, por exemplo, os terrenos de marinha das praias marítimas e fluviais, entre outros. No entanto, no ano de 1967, a FNSC teve a sua gestão transferida para o INCRA, para que fosse realizada a reforma agrária em suas terras. Desde então, inúmeros projetos de assentamentos (PA), projetos integrados de colonização (PIC) e núcleos coloniais (NC) foram implantados.

O crescente desenvolvimento do país e o aumento da população proporcionaram a expansão de manchas urbanas, muitas delas, em função dos próprios projetos implantados pelo INCRA. Somados a isso, a chegada de indústrias, fábricas, universidade e outros ocasionaram um crescimento irregular e desordenado nessas áreas urbanas.

A transferência da posse da terra, em sua maioria, sem conhecimento do INCRA, junto à especulação imobiliária, fez surgir inúmeros loteamentos clandestinos. Uma questão difícil de ser resolvida, devido aos problemas graves de transtornos sociais, administrativos, jurídicos e, principalmente, econômicos.

Um loteamento irregular não concede direito ao ocupante do registro da propriedade no Cartório de Registro Geral de Imóveis (RGI). Estes lotes, normalmente, não possuem rede de esgoto, calçamento de ruas, rede de águas pluviais, entre outros serviços públicos básicos, acarretando problemas de saúde para os munícipes.

Outra questão refere-se à compra e venda de lotes, por contrato particular, que causa perda na arrecadação de impostos para o município e para o estado, entre muitos outros problemas. Adicionalmente ao exposto, salienta-se que o INCRA não tem a atribuição de promover a regularização urbana, uma tarefa que compete ao poder municipal.

Na FNSC existem áreas urbanas, áreas públicas, nas três esferas do governo (parques, área do exército, universidade rural, entre outras) e áreas rurais. Segundo o INCRA (2022), um imóvel rural, a ser considerado nos serviços de georreferenciamento, é aquele objeto do título de domínio, bem como aquele passível de titulação. Muitos dos imóveis rurais já contam com a regularização fundiária, ou seja, são áreas georreferenciadas, com certificação e atualização de sua matrícula no Cartório do RGI. Mas, existem imóveis rurais, que, mesmo com matrícula no cartório do RGI, carecem de regularização, por situarem-se em área de aforamento, que são os casos mais complicados para serem resolvidos. E, fora estes casos, existem as particularidades, como foi o exemplo da Gleba Boa Esperança, pertencente ao município de Seropédica, no Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

A sequência metodológica estabelecida, para a execução da regularização fundiária na FNSC, patrimônio cultural e histórico do país, levando em consideração as leis e os decretos envolvidos, bem como as normas técnicas de levantamento de campo, estabelecidas pelo INCRA, pode ser resumida nas etapas: organização do acervo fundiário da FNSC, análise dos documentos históricos fundiários (legislação), análise dos documentos históricos cartográficos (pré-existent) das áreas (plantas), mensuração dos limites das propriedades (lotes), processamento dos dados e elaboração das peças técnicas, além da manutenção do sistema de informação geográfica (SIG) da FNSC, e a titulação, por parte do INCRA.

A organização do acervo fundiário da FNSC consistiu na realização de estudos e pesquisas acadêmicas em busca de todo material existente e relacionado à FNSC, onde, com o auxílio de

colaboradores (INCRA, cartórios, SPU, prefeituras, proprietários etc.), obteve-se o acesso a diversos tipos de documentos. Estes documentos tratam de livros (Figura 1A) com informações sobre: aforamento; contrato; domínio pleno; ocupação e pagamentos. Além dos materiais cartográficos: mapas; plantas e cartas (Figura 1B), que foram digitalizados e servem de base para elaboração documentos de referência, visando a definir estratégias para os processos de regularização.

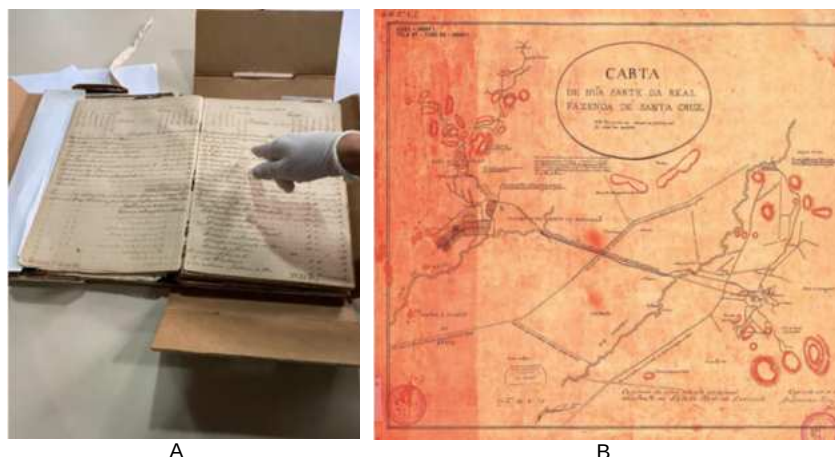


FIGURA 1 - Acervo fundiário: A) Livros e B) Plantas e cartas. Fonte: BRASIL (2024).

Nesta etapa, também são verificados e realizados os levantamentos de documentos (certidões de inteiro teor e de ônus real), em todos os cartórios do RGI que registram imóveis dentro do perímetro da FNSC, visando obter, por dedução, as áreas que não são tituladas (registro).

Concomitantemente, fez-se a pesquisa, atualização e/ou cadastro, relacionados ao Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR) e ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), dos imóveis comissos (ou que mudaram de proprietários dos imóveis). As informações supracitadas obtidas foram inseridas e analisadas criteriosamente em um SIG, desenvolvido com QGIS e denominado “SIG da FNSC”, conforme mostra a Figura 2.

A análise dos históricos fundiários (legislação) foi realizada por uma equipe jurídica, que analisa toda a documentação, com base em diversas legislações, como, por exemplo: o Decreto-lei de 25 de novembro de 1830, que trata da 1ª. Demarcação da Fazenda Nacional de Santa Cruz (BRASIL, 1830); o Decreto-Lei n. 893, de 26 de novembro de 1938, que regulamenta a ocupação de terras da FNSC (BRASIL, 1938); a Lei 4.504, de 30 de novembro de 1964, sobre o Estatuto da Terra (ET) (BRASIL, 1964); a Lei 4.947, de 6 de abril de 1966, que dispõe sobre o Sistema de Organização e Funcionamento do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária (BRASIL, 1966); a Lei 6.015, de 31 de dezembro de 1973, que trata da Lei de Registro Público (BRASIL, 1973); a Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001, sobre o georreferenciamento de imóveis (BRASIL, 2001), entre outras normas.

Este processo é de suma importância para que a titulação seja realizada para quem realmente é o proprietário digno de posse da área a ser regularizada. Findada a análise documental da malha fundiária, a etapa seguinte consistiu na análise dos documentos cartográficos existentes no acervo fundiário e na mensuração dos limites das propriedades (lotes), isto é, no georreferenciamento do perímetro das áreas remanescente da FNSC.

Os perímetros podem ser de áreas urbanas; de lotes rurais, situados dentro de NC, em PIC e que ainda não foram registrados nos devidos cartórios de RGI e, conseqüentemente, continuam em nome do INCRA; além dos imóveis rurais não contemplados nos itens anteriores, incluindo os casos excepcionais. Exemplos da etapa de mensuração de alguns limites de propriedades rurais podem ser visualizadas na Figura 3.

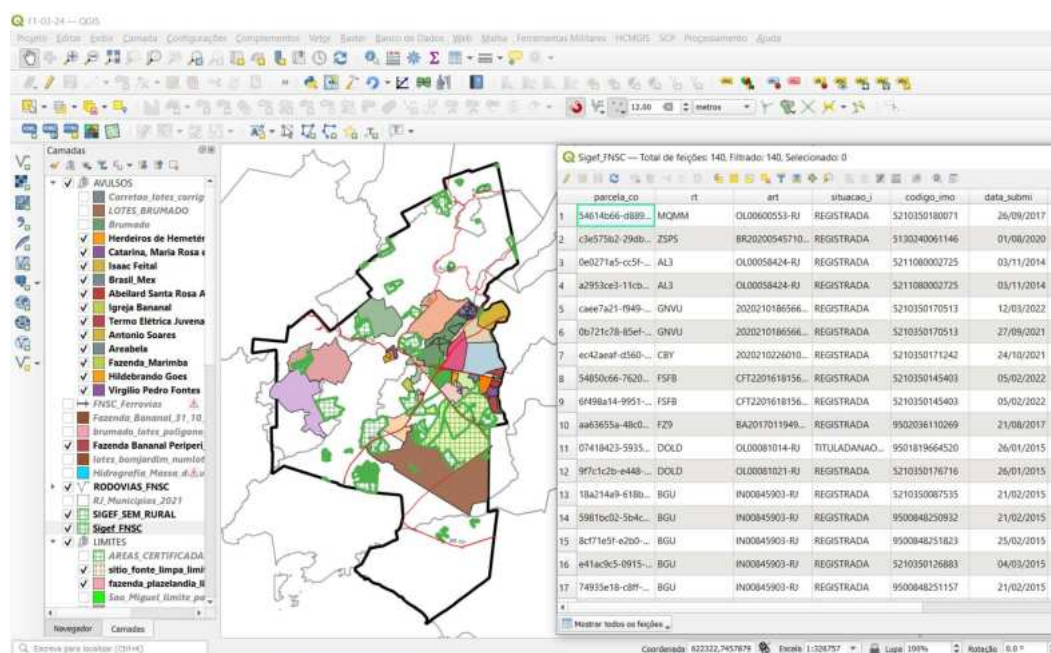


FIGURA 2 – Sistema de informação geográfica (SIG) da FNSC. Elaboração própria.



FIGURA 3 - Implantação de marcos e georreferenciamento de lotes da FNSC. Elaboração própria.

Dentre as atividades realizadas pelas equipes de campo, associadas à fase de georreferenciamento, destacam-se: o planejamento das áreas a serem levantadas; a implantação de marcos geodésicos; o levantamento geodésico com auxílio de receptores GNSS (pelos métodos Estático Rápido e *Real Time Kinematic*, RTK). O método aplicado visou ao levantamento de vértices de propriedades, cercas, taludes, arruamentos e outros elementos de interesse no campo; além do levantamento das áreas de preservação, tais como as áreas de preservação permanente (APP) e a área de reserva legal (RL) para fins do CAR.

As etapas de mensurações supracitadas foram realizadas criteriosamente, respeitando as métodos e as precisões exigidas para cada caso, de acordo com as leis vigentes e a norma de georreferenciamento de imóveis rurais do INCRA (INCRA, 2022).

Destaca-se que, nesta etapa, além de exigir os esforços físicos, diversos problemas adicionais ocorrem, pois, tratando-se de medições de terras, muitas vezes, os discentes e técnicos são hostilizados em campo, tornando-se impossível o levantamento e representando um dos desafios enfrentados. Entretanto, cabe salientar que, apesar das adversidades, aponta-se para a importância e

a necessidade da extensão universitária apresentada, onde os discentes explicam à comunidade a importância da regularização fundiária, seja para a segurança do próprio dono da terra, seja para as suas garantias futuras.

De posse dos dados levantados em campo, foram realizados os processamentos, neste caso, com o *software* MagnetTools (Figura 4), com a licença obtida do TED INCRA-UFRRJ, tendo sido elaboradas as peças técnicas (o memorial descritivo e as plantas) dos lotes, visando à sua legalização. Posteriormente, foi gerada a planilha, com LibreOffice Calc (.ods), necessária para a certificação dos imóveis georreferenciados, e passíveis de tal situação, por meio do sistema de gestão fundiária (SIGEF). Salienta-se que o preenchimento da PGT fica a cargo do proprietário.

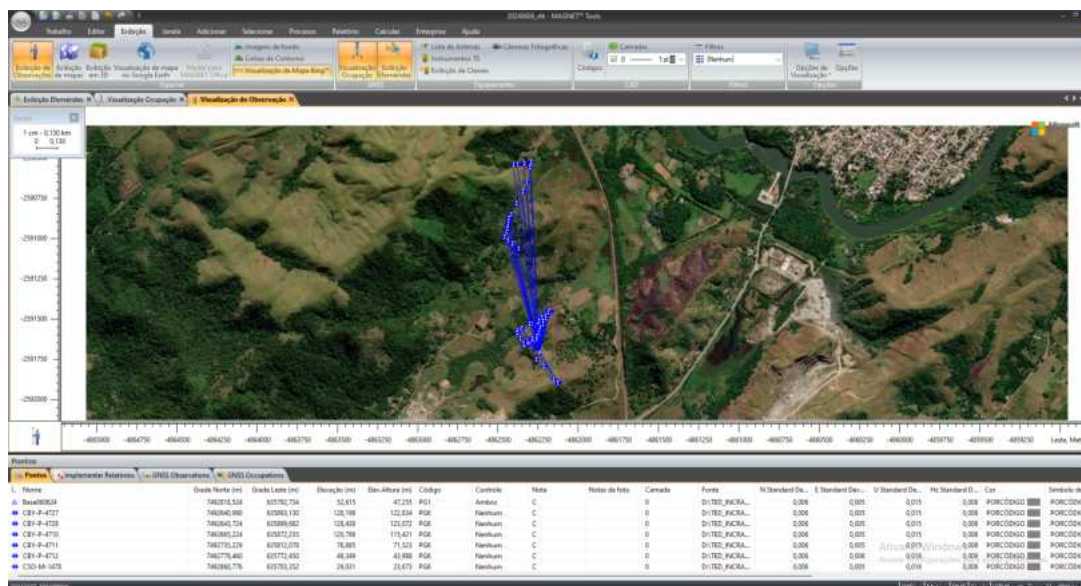


FIGURA 4 - Processamento dos dados de campo. Fonte: Elaboração própria.

Ademais, a última, e não menos importante, etapa é a manutenção do SIG da FNSC. Conforme as áreas são levantadas, referentes aos 11 municípios da FNSC, é aplicada a metodologia supracitada, sendo geradas novas peças técnicas, e implementado-se o SIG, para a futura regularização fundiária, além de servir como base para os estudos futuros das novas áreas, a serem regularizadas pelo INCRA.

RESULTADOS

Como resultado do trabalho realizado, mostrar-se-á a análise documental, os limites resultantes do georreferenciamento e a titulação da Gleba Boa Esperança. Cabe salientar que os nomes dos proprietários, neste trabalho, são fictícios, por questão da lei de sigilo de dados pessoais. Identificado a transcrição com número de ordem 705, de 05 de junho de 1962, do 2º Ofício de RGI de Itaguaí, verifica-se que a área de 9.438.901,00 m², correspondente a nove milhões, quatrocentos e trinta e oito mil, novecentos e um metros quadrados, o que corresponde a 943.890 ha, da Fazenda Santa Alice, que pertencia a João, após seu falecimento, passou a pertencer à sua esposa, Maria.

Em 27 de março de 1981, foi realizada uma permuta com a firma comercial de José Engenharia S.A, por meio de Promessa de Compra e Venda e Permuta, lavrada no Cartório do 1º Ofício de Itaguaí, tornando-se a firma proprietária da área transcrita acima. Esta firma promove o loteamento de parte desta área, nomeando-a por Cidade Industrial Boa Esperança, sendo que sua regularização não foi concluída.

Ao analisar a Matrícula nº 3387, a mesma afirma que a constituição da Fazenda Santa Alice, refere-se às glebas de números 5 a 14, com área de 752,5465 ha. Vale ressaltar que a área foi reduzida, devido a uma desapropriação de 271,00 ha (Figura 5A), referente ao Assentamento Moura Costa (em lilás) e pela venda de 3,68 ha, localizados na quadra 16, da 3ª zona, do loteamento aprovado pela Prefeitura de Itaguaí, em 1963. Ficando assim, com a área remanescente de 477,8665 ha, que foi nomeada neste trabalho como a Gleba Boa Esperança, contendo uma área urbana (em amarelo) e uma área rural (em verde) (Figura 5B).

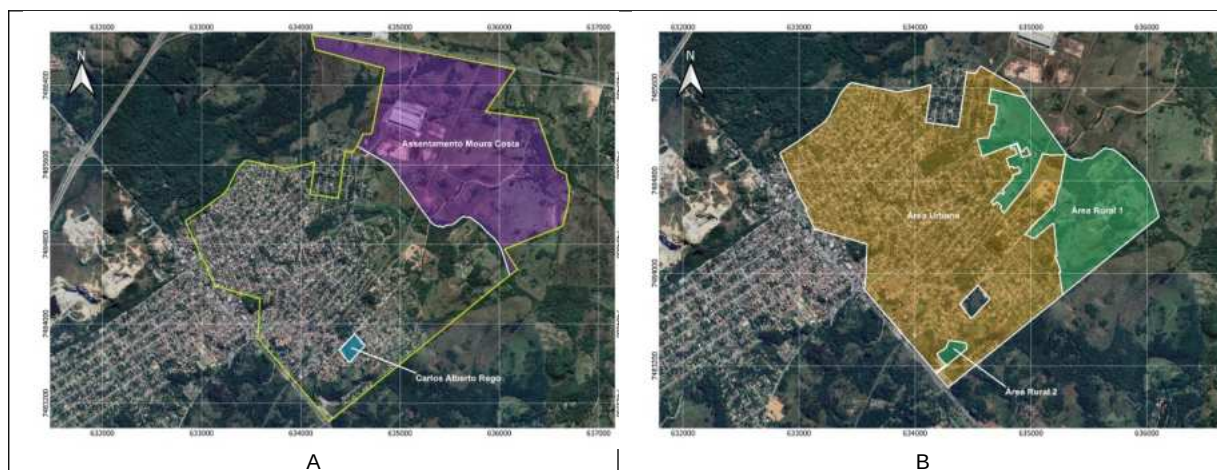


FIGURA 5 - A) Gleba Boa Esperança - Área remanescente de 477,8665 hectares; B) Gleba Boa Esperança - Área urbana/rural. Elaboração própria.

Todas a documentação informa que o imóvel é foreiro, cabendo à firma José Engenharia Ltda., o domínio útil. Ressalte-se que o último pagamento de foro ocorreu em 2002. O loteamento Boa Esperança não foi regularizado, não existindo, de Direito. Segundo a certidão de matrícula 3387, Maria vende a José Engenharia Ltda., em 1981, o domínio útil de uma área de 943,8901 ha. Essa venda chega a ficar suspensa, por conta de uma ação popular, mas depois, é permitida. A Transcrição 661 registra a quitação da compra, celebrada entre Maria e José, e a mudança da empresa de engenharia de José de sociedade anônima para limitada. Em registro localizado no acervo do INCRA, consta a seguinte descrição em relação a José: área de 752,5465 ha – 271,0000 ha = 481,5465 ha. Com pagamento do foro nos anos de 1993 a 2002, com revigoramento, via processo nº 2687/75. Com último pagamento em 2002, foro/multa, não havendo informação de quitação. Após pesquisa de campo e análise documental, conclui-se que a Gleba Boa Esperança é um loteamento realizado por José, nos anos de 1980.

Concomitantemente à análise documental, foram realizadas as mensurações da Gleba Boa Esperança, pela equipe de campo, que consistiram na execução de levantamentos *in loco*, com a implantação de marcos e rastreio de pontos de apoio, com auxílio do equipamento GNSS HiPer VR, pelo método *Real Time Kinematic* (RTK), além do processamento dos dados, a geração das peças técnicas e a atualização do SIG.

Após a transcrição e a conclusão de análises, realizadas sobre o acervo documental e cartográfico da Gleba Boa Esperança, pode-se perceber a complexidade da regularização fundiária dos lotes envolvidos na FNSC. Os municípios, em processo de regularização fundiária e contidos no SIG da FNSC, podem ser visualizados no mapa da Figura 6.

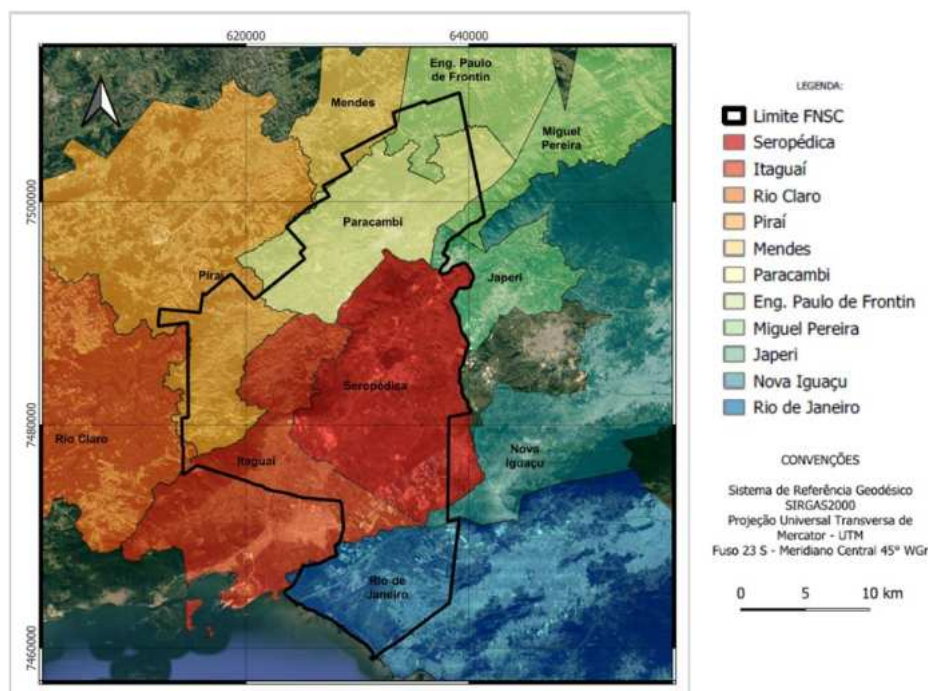


FIGURA 6 - Áreas em processo de regularização fundiária da FNSC. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

De acordo com as pesquisas de campo e a análise documental, cartográfica e histórica, conclui-se que a Gleba Boa Esperança pertencente à FNSC, sendo um loteamento realizado por José, nos anos de 1980. Nesta pesquisa, foi constatado que a agência de vendas dos lotes ficava no Centro de Seropédica, tendo sido, inclusive, fechada pela Polícia Civil, em 1984-1985. Ademais, o 1º Ofício do Cartório de RGI de Itaguaí, datado de 2005, informou ao Defensor Público que o loteamento denominado “Cidade Industrial Boa Esperança” é foreiro à União e que esse não está regularizado, no sentido de parcelamento do solo. Logo, o loteamento é irregular, tendo sido parte deste loteamento desapropriado pelo INCRA, para o Assentamento Moura Costa ou Sol da Manhã, como é denominado pelos assentados.

Para o processo de regularização fundiária, foi necessário medir a área do alusivo loteamento, classificando como lotes urbanos, aqueles onde as ruas foram abertas, para a transferência à Prefeitura de Seropédica e regularização fundiária. E, como lotes rurais, onde não houve a abertura de ruas, sendo estes ocupados pelos pequenos produtores, que aguardavam a promessa do INCRA, para serem assentados, cada sítio medido individualmente para a regularização fundiária.

A Gleba Boa Esperança foi utilizada como exemplo, entretanto, ao todo, são mais de 1.700 imóveis rurais que estão em estudo na FNSC, o que demonstra a complexidade da regularização fundiária e a sua importância, principalmente, no que tange à expectativa da comunidade local, composta por pequenos e médios imóveis rurais, que podem dispor deste processo e regularizar seus imóveis.

A regularização fundiária permite o resgate da cidadania e a organização territorial; a garantia de acesso ao crédito, aos programas governamentais e às inovações tecnológicas; a garantia da segurança jurídica aos proprietários de terra, auxiliando na fiscalização e na identificação de infratores, garantindo a aplicação da Lei; o aumento das arrecadações municipal, estadual e federal; e a desvinculação de terras da FNSC da responsabilidade do INCRA.

Ademais, a possibilidade de regularização fundiária urbana, uma vez que muitas áreas não são regularizadas, porque fazem parte do INCRA; auxilia no combate à grilagem, às queimadas e ao desmatamento ilegais, fatores que geram prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

E, neste trabalho, ainda citam-se a capacitação e o aperfeiçoamento, em diferentes esferas (docentes, técnicos e discentes) do aprendizado científico e histórico, e utilizando as geotecnologias na gestão de projeto, de cunho extensionista, visando à titulação de terras e à regularização, que surge como uma alternativa para contribuir com o desenvolvimento do país e a geração de emprego e renda no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. **Decreto n. 1.195-D, de 31 de dezembro de 1892.** Dá instruções para a execução do art. 14 da lei n. 126 B, de 21 de novembro do corrente ano. Coleção das leis da República dos Estados Unidos do Brasil, v. 1, parte II, p. 1.287, 1892.
- BRASIL. **Decreto-Lei de 25 de novembro de 1830.** Declara que a Fazenda Nacional de Santa Cruz somente compreende os terrenos, em cuja efetiva e legítima posse se achava o Senhor D. Pedro I no dia 25 de março de 1824. Coleção de Leis do Império do Brasil, v. 1, parte I, p. 58, 1830.
- BRASIL. **Decreto-Lei n. 893, de 26 de novembro de 1938.** Dispõe sobre o aproveitamento agrícola da Fazenda Nacional de Santa Cruz e de outros imóveis da União. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- BRASIL. **Lei n. 4.504, de 30 de novembro de 1964.** Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- BRASIL. **Lei n. 4.947, de 6 de abril de 1966.** Fixa Normas de Direito Agrário, Dispõe sobre o Sistema de Organização e Funcionamento do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária, e dá outras Providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- BRASIL. **Lei n. 6.015, de 31 de dezembro de 1973.** Dispõe sobre os registros públicos, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- BRASIL. **Lei n. 10.267, de 28 de agosto de 2001.** Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MP). **Secretaria do Patrimônio da União (SPU).** Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- INCRA. **Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** 2.ed. Brasília: INCRA, 2022.

CAPÍTULO 6

ONDE ESTÃO HOJE OS RIOS PETROPOLITANOS DA PLANTA KOELER – 1846?

Alice Ayres de Jesus¹

Tainá Laeta¹

Manoel do Couto Fernandes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. aliceayr@ufrj.br; tainalaeta@gmail.com; manoel.fernandes@igeo.ufrj.br.

RESUMO

Os rios principais da área gênese de Petrópolis tiveram um papel crucial na formação urbana da cidade, tendo como marco a Planta de Petrópolis – 1846, mais conhecida como Planta Koeler. Neste documento histórico cartográfico, os prazos imperiais foram traçados verticalmente à margem desses três principais rios e seus tributários. Para realizar a análise das mudanças na paisagem urbana de Petrópolis em relação a esses três rios e seus tributários, ao longo do tempo, foram utilizadas a Planta de Petrópolis – 1846 e a base cartográfica de Petrópolis de 1999, na escala 1:10.000. Assim, a partir dos dois documentos cartográficos, foram elaborados os croquis dos principais rios petropolitanos e seus tributários e analisadas as alterações hidrográficas, neste intervalo de aproximadamente um século e meio. Os resultados mostram claramente a redução dos rios, devido à expansão urbana desordenada, especialmente, na bacia dos rios Palatino e Quitandinha. A expansão da ocupação desordenada levou à diminuição dos afluentes, como as mudanças na entrada principal da cidade e na construção de novos acessos, contribuindo para esse efeito. Desta maneira, a pressão da ocupação urbana desordenada causou mudanças significativas na paisagem, ao longo dos anos, principalmente, no que concerne aos principais cursos d'água petropolitanos.

Palavras-chave: cartografia histórica, Cidade de Petrópolis, Planta Koeler, rede hidrográfica.

ABSTRACT

The main rivers in Petrópolis' genesis area played a crucial role in the city's urban formation, with the 1846 Petrópolis Plant, better known as the Koeler Plant, as a landmark. In this historical cartographic document, the imperial quarters were drawn vertically along the banks of these three main rivers and their tributaries. In order to analyze the changes in Petrópolis' urban landscape in relation to these three rivers and their tributaries over time, both the 1846 Petrópolis Plant and the 1999 Petrópolis cartographic base at a scale of 1:10,000 were used. Using the two cartographic documents, sketches of Petrópolis' main rivers and their tributaries were drawn up and the hydrographic changes over this period of approximately a century and a half were analyzed. The results clearly show the reduction of the rivers due to disorderly urban expansion, especially in the Palatino and Quitandinha river basins. The expansion of disorderly occupation has led to a reduction in tributaries, with changes to the city's main entrance and the construction of new accesses contributing to this effect. In this way, the pressure of disorderly urban occupation has caused significant changes in the landscape over the years, especially with regard to Petropolitan's main watercourses.

Keywords: historical cartography, City of Petrópolis, Koeler Plant, hydrographic network.

INTRODUÇÃO

A paisagem urbana da cidade de Petrópolis, mais especificamente, a sua área gênese, é caracterizada pelo processo de ocupação, com base nos prazos e quarteirões imperiais, idealizados por Koeler, que elaborou o traçado da ocupação, a partir dos rios principais da cidade: Palatino, Quitandinha e Piabanha, bem como de seus tributários. A hidrografia foi um fator determinante, norteador no processo de ocupação da cidade, influenciando o traçado urbano dos quarteirões e prazos imperiais.

O que se observa, nos dias de hoje, é a desconsideração do conjunto de regras estipuladas por Koeler no processo de ocupação e expansão da malha urbana de Petrópolis. Nesse sentido, o objetivo do trabalho é descobrir onde estão os rios de Petrópolis hoje, isto é, realizar uma análise espacial qualitativa de onde se encontram os rios petropolitanos, a partir de dois documentos cartográficos, a Planta de Petrópolis – 1846 e a base cartográfica de 1999.

MATERIAIS

Para a elaboração deste trabalho, foi utilizado como entrada, o documento histórico cartográfico Planta de Petrópolis – 1846, na escala 1:5.000; e a base cartográfica municipal, na escala 1:10.000. A planta de Petrópolis foi elaborada, a partir do Decreto Imperial nº 155, tendo o início de sua elaboração no ano de 1843 e finalizada no ano de 1846. Esse documento, vale destacar, se encontra sob os cuidados da Companhia Imobiliária de Petrópolis (CIP) e está na escala 1:5.000 (Laeta, 2021). A base cartográfica foi desenvolvida pela empresa PROSPEC – Levantamentos, Prospecções e Aerofotogrametria S.A., em parceria com a Prefeitura Municipal de Petrópolis (PMP), com o objetivo de realizar o cadastro urbano do município.

MÉTODOS

Após a aquisição dos documentos cartográficos, foram realizadas três etapas seguintes. Primeiro, no pré-processamento, foi realizado o georreferenciamento da Planta Koeler, a partir da base cartográfica da cidade de Petrópolis. Em seguida, foi realizada a vetorização da hidrografia presente na Planta Koeler e feita a seleção da hidrografia da base cartográfica constante dentro dos limites da área gênese de Petrópolis. Por fim, foram elaborados croquis referentes aos três principais cursos d'água de Petrópolis e seus tributários, baseados em Lordeiro (2005), ou seja, foram elaborados os croquis hidrográficos dos rios Palatino, Quitandinha e Piabanha. Após todo o processamento, foram realizadas as análises de mudança da paisagem, quanto à hidrografia petropolitana na área gênese.

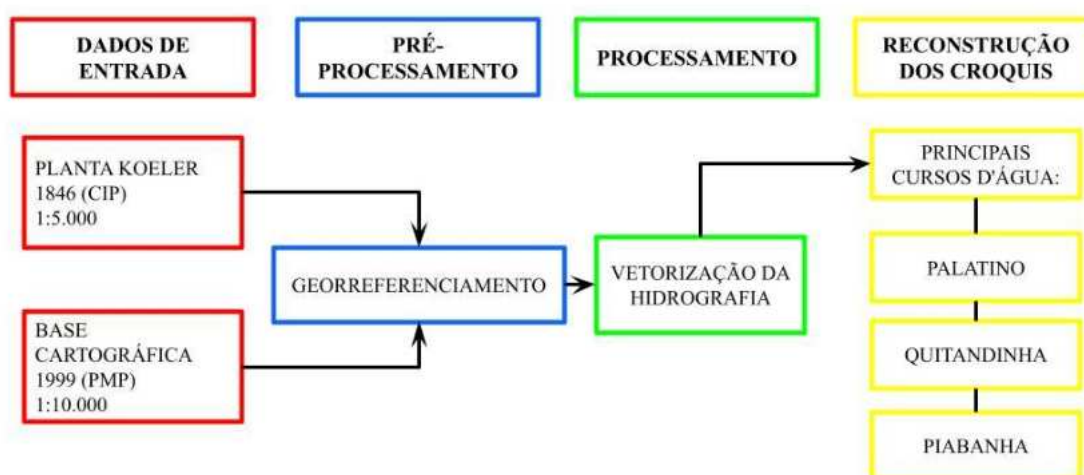


FIGURA 1 - Fluxograma das etapas de elaboração da pesquisa. Elaboração própria.

RESULTADOS

Após realizada a vetorização da hidrografia, é possível observar mudanças significativas na fisiografia dos principais rios de Petrópolis e seus tributários, ou seja, em comparação à hidrografia vetorizada da Planta Koeler – 1846 e a hidrografia da base cartográfica de 1999 (Figura 2). Ressalta-se que alguns rios tiveram seus cursos retinizados e outros, simplesmente não constam na base cartográfica de 1999, quando comparados com a Planta Koeler – 1846. Assim, é possível constatar a nítida redução dos tributários dos três principais rios da área gênese de Petrópolis.

Cabe destacar nos resultados obtidos nesta análise qualitativa feita para os cursos d'água vetorizados na Planta Koeler – 1846, que, na vetorização realizada, consideraram-se as duas margens dos rios, quando tenha sido constatado no desenho levantado por Koeler. Já a hidrografia vetorizada na base cartográfica – 1999 apresenta todos os rios em uma única margem. Ou seja, neste momento, em que se encontra o desenvolvimento da pesquisa, essa diferença entre as margens não foi considerada, isto é, o estreitamento dos seus cursos será estudado em um trabalho futuro.

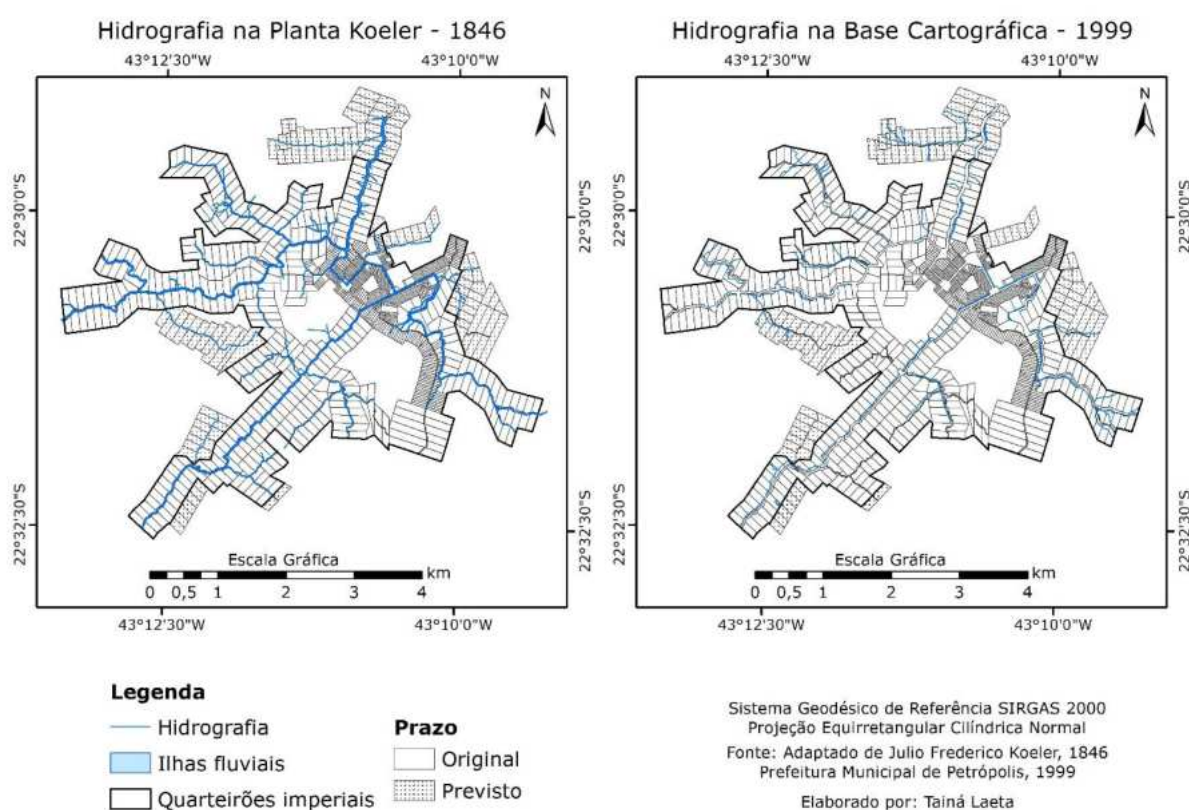


FIGURA 2 - Hidrografia vetorizada da Planta Koeler – 1846 (esq.) e da Base Cartográfica – 1999 (dir.), no que concerne à área gênese da cidade de Petrópolis. Fonte: Laeta e Fernandes (2022).

DISCUSSÃO

A partir da observação da diminuição dos rios principais e seus afluentes, foram construídos diagramas para uma melhor observação da redução dos rios de Petrópolis e seus tributários. O rio Palatino (Figuras 3A e 3B) foi o que sofreu maior redução da sua hidrografia, em consequência de ter sofrido maior pressão, no que diz respeito à ocupação inicial da cidade, tendo em vista que a entrada principal da cidade, na época da construção da planta de Petrópolis de 1846, se dava pela bacia hidrográfica do rio Palatino. Nesse sentido, a ocupação e expansão urbana da cidade, através do rio Palatino, por um século e meio, são as possíveis causas da diminuição dos afluentes bem como a mudança dos cursos d'água.

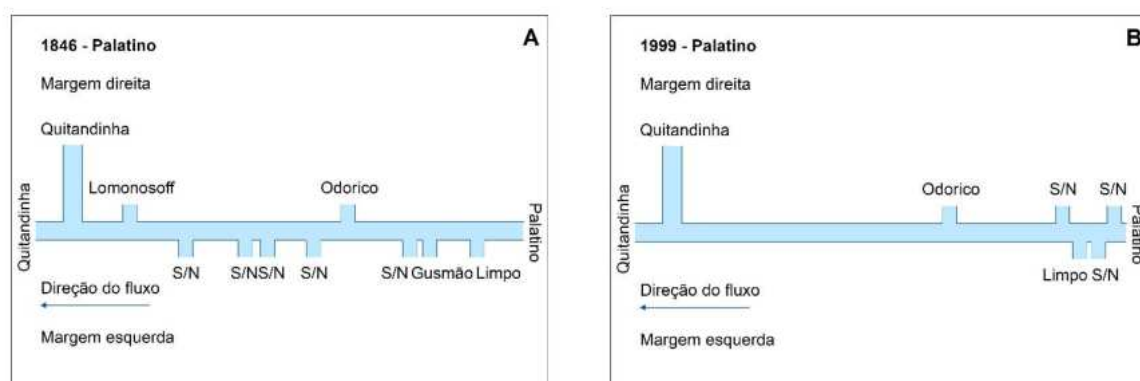


FIGURA 3 - A) Croqui do rio Palatino da Planta Koeler – 1846;
B) Croqui do rio Palatino da base cartográfica de 1999. Elaboração própria.

Esta redução se repete para os outros dois cursos d'água: Quitandinha e Piabanha. O rio Quitandinha (Figura 4A e 4B) teve uma redução de aproximadamente 75% dos seus afluentes, quando comparada a hidrografia registrada na Planta Koeler – 1846 e a base cartográfica – 1999. Nota-se que somente três dos rios, que foram originalmente traçados pelo engenheiro Koeler, permanecem assinalados na base cartográfica, sendo eles o rio Aureliano, o próprio Palatino e outro afluente sem identificação.

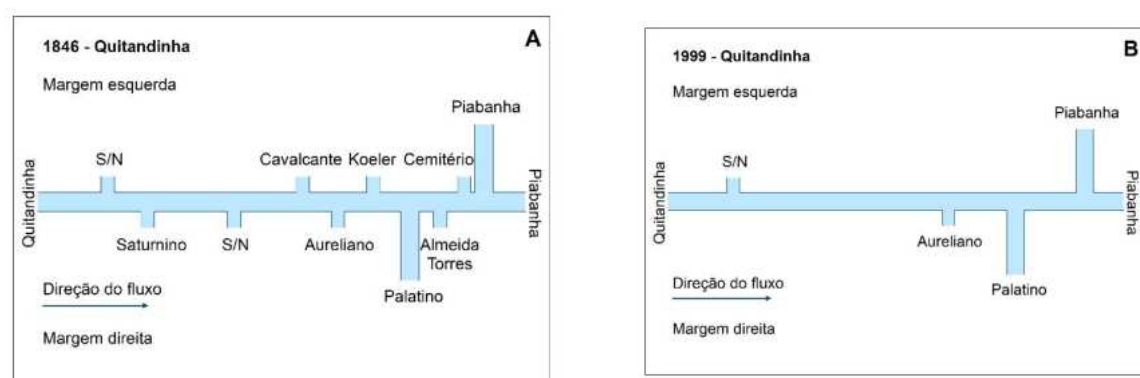


FIGURA 4 – A) Croqui do rio Quitandinha da Planta Koeler – 1846;
B) Croqui do rio Quitandinha da base cartográfica de 1999. Elaboração própria.

Por último, no que diz respeito ao rio Piabanha, houve uma redução de aproximadamente 50% de seus afluentes (Figuras 5A e 5B). Uma característica, que vale ressaltar em relação ao rio Piabanha, é que este, por ser um rio mais volumoso, apresenta maior quantidade de afluentes. Entretanto, sua menor perda relativa de afluentes, quando comparado com os rios Palatino e Quitandinha, está relacionada por ser esta, a terceira (nova) entrada da cidade de Petrópolis. Desta maneira, sofreu menor pressão urbana, e conseqüentemente, menor ocorrência de perda de seus afluentes.

Vale acrescentar que a perda maior de afluentes do rio Piabanha é notável na porção da bacia hidrográfica pós-confluência com o rio Quitandinha.

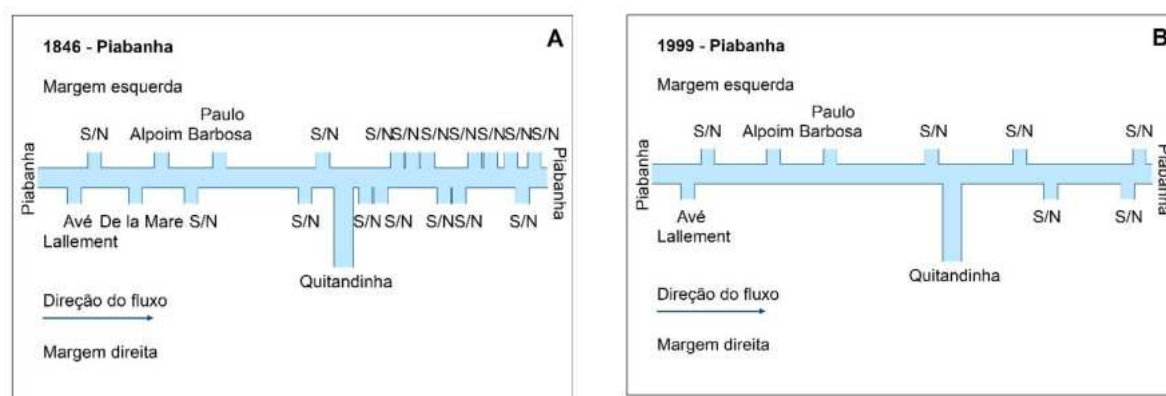


FIGURA 5 – A) Croqui do rio Piabanha da Planta Koeler – 1846;
B) Croqui do rio Piabanha da base cartográfica de 1999. Elaboração própria.

CONCLUSÃO

Dessa maneira, conclui-se que, hoje, a ocorrência da ocupação e expansão urbana desordenada se deu em grande pressão sobre esses três principais cursos d'água e seus afluentes, evidenciando uma mudança significativa na dinâmica da paisagem da área gênese, principalmente, no que concerne à hidrografia original de Petrópolis, traçada pelo engenheiro Koeler, e as suas respectivas bacias hidrográficas, precisamente, no intervalo de 153 anos, entre os dois documentos cartográficos analisados. Como etapas futuras, pretende-se analisar a hidrografia da base cartográfica municipal na escala 1:2.000, para saber se alguma hidrografia existente não tenha sido contemplada na escala aqui analisada 1:10.000. Assim como, utilizar imagens de satélite, pois vale lembrar que a base cartográfica é do ano de 1999 e, desta maneira, tem-se como objetivo futuro, utilizar outras fontes de dados para buscar responder onde estão os rios petropolitanos da área gênese, atualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KOELER, Julio Frederico. **Planta de Petropolis – 1846**. Petrópolis: Companhia Imobiliária de Petrópolis, 1846a. Litografia desconhecida, 128,9 x 128,2 cm. Escala gráfica de 500 brassas.
- LAETA, T. **Cartografia histórica da Imperial Cidade de Petrópolis: subsídios para uma análise de geografia histórica no século XIX (1846-1861)**. 2021. 334f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.
- LAETA, T.; FERNANDES, M. do C. Cartografia histórica e a ciência da informação geográfica (*G/Sciense*): uma contribuição aos estudos geomorfológicos. In: GUERRA, A.J.T.; LOUREIRO, H.A. (org.). **Erosão em Áreas Tropicais**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2022.
- LORDEIRO, M. de S. **Petrópolis: rios e montanhas**. Petrópolis: Edição do Autor, 2005. 127p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PETRÓPOLIS (Petrópolis). **Base cartográfica do Município de Petrópolis**. Petrópolis: Secretaria de Planejamento e Urbanismo, 1999. Escala 1:10.000.
- SANTOS, K. S.; ANTUNES, F. de S.; FERNANDES, M. do C. The rivers, the city and the map as object of landscape dynamics analysis. In: **Mercator**, Fortaleza, v. 19, p. 1-14, 2019.
<https://doi.org/10.4215/rm2018.e17001>

CAPÍTULO 7

OS MAPAS DA VIAGEM FILOSÓFICA E SUAS LIGAÇÕES COM OS MAPAS DA NOVA LUSITÂNIA: MONUMENTOS GEOGRÁFICO-CARTOGRÁFICOS PORTUGUESES

Lucas Lanzaro Reis¹

Beatriz Cristina Pereira de Souza Pinto¹

Paulo Márcio Leal de Menezes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Geociências – Departamento de Geografia – Laboratório de Cartografia (GeoCart) – Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. lucas.llr.reis@gmail.com; beatriz.souza@ibge.gov.br; pmenezes@igeo.ufrj.br.

RESUMO

O estudo da cartografia histórica e da toponímia são importantíssimos para a geografia, visto que, a partir da interpretação dos nomes geográficos, é possível entender como ocorre o desenvolvimento espaço-temporal, além das culturas e identidades que se desenvolvem de maneira indissociável desse espaço. Este estudo propõe uma análise comparativa dos topônimos nas capitanias de São José do Rio Negro e Mato Grosso, durante o século XVIII. A partir do mapa da Viagem Filosófica de Alexandre Rodrigues Ferreira de 1793 e da carta da Nova Lusitânia de 1798, é examinada a relação entre ambos os documentos, procurando averiguar o uso do mapa de 1793, na confecção do mapa de 1798. Para tanto, foram realizadas as extrações dos nomes geográficos, contidos nesses dois documentos, fazendo uso da metodologia de Menezes (2020), em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG). Com a análise dos topônimos extraídos, os resultados indicam nomes geográficos, presentes em ambos os documentos cartográficos, demonstrando indícios da confecção do mapa da Nova Lusitânia, a partir do mapa da Viagem Filosófica.

Palavras-chave: cartografia histórica, toponímia, Viagem Filosófica, Nova Lusitânia.

ABSTRACT

The study of historical cartography and toponymy is extremely important for geography, since by interpreting geographical names it is possible to understand how space and time develop, as well as the cultures and identities that develop inseparably from this space. This study proposes a comparative analysis of toponyms in the captaincies of São José do Rio Negro and Mato Grosso during the 18th century. Based on the map of Alexandre Rodrigues Ferreira's Philosophical Journey of 1793 and the map of New Lusitania of 1798, the relationship between the two documents is examined, seeking to ascertain the use of the 1793 map in the making of the 1798 map. To this end, the geographical names contained in these two documents were extracted using the methodology of Menezes (2020) in a Geographic Information System (GIS) environment. By analyzing the extracted toponyms, the results indicate geographical names present in both cartographic documents, showing evidence of the map of New Lusitania being made from the map of the Philosophical Journey.

Keywords: historical cartography, toponymy, Philosophical Journey, New Lusitania.

INTRODUÇÃO

A queda das exportações de ouro para Portugal gerou fortes impactos nos cofres do reino, fazendo com que fosse necessário encontrar novas formas de garantir fontes de renda e assegurar a posse dos territórios já conquistados. Portanto, para que fosse obtido o conhecimento das riquezas (minérios, plantas, povos...) nas colônias, Portugal instituiu as Expedições Filosóficas, nos continentes em que houvessem colônias de sua possessão, entretanto, por inúmeras dificuldades, foi

realizada apenas uma expedição, entre todas as suas colônias: a Viagem Filosófica, pelas capitânias de S. José do Rio Negro e Mato Grosso. Esta foi cumprida por Alexandre Rodrigues Ferreira, entre os anos de 1783 e 1793, e foi uma das maiores epopeias de reconhecimento, totalizando aproximadamente 4 milhões de quilômetros quadrados explorados. Esta viagem gerou um mapa manuscrito, abrangendo toda a área explorada, entre 4° N e 20°S e 309° e 330° W do meridiano da Ilha do Ferro, além de possuir a sua autoria dada à José Joaquim Freire, desenhista da Expedição. Deste mapa, decorreram, até 1862, diversas cópias e minutas e, dada a sua importância, foi certamente um dos mapas contribuintes para as versões do Mapa da Nova Lusitânia, que teve, como um de seus desenhadores, o próprio José Joaquim Freire. A importância do mapa da Nova Lusitânia está relacionada ao fato de que “foi a primeira carta que compreendeu o Brasil como um todo, uma síntese do território brasileiro, definindo cartograficamente a colônia portuguesa na América do Sul e suas relações com as possessões espanholas” (Martins, 2011, p. 3). Logo, é um documento que demonstra, com altíssima precisão, o início da formação territorial brasileira. É importante ressaltar que o documento histórico cartográfico em questão possui quatro exemplares, datados cronologicamente nos anos de 1797, 1798, 1803 e um exemplar, posterior a 1803, mas sem data definida. No entanto, o exemplar de 1798 é a versão utilizada nessa pesquisa, visto que, diferentemente dos demais, possui uma excelente resolução digital (300 dpi) e está completo.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo fazer a apresentação do mapa intitulado “*Carta Geographica dos rios das Amazonas e Solimoens, Negro e Branco, rios da Madeira, Mamoré, e Guaporé, Jaurú, e Paraguay, com os confluente que desagoão nelles: Navegados os sobreditos rios principaes, e alguns dos seus confluente, pelos empregados na Expedição Philosophica, que sahio de Lisboa em o primeiro de septembro de 1783, ese recolheo aella em 12 de janeiro de 1793*” de José Joaquim Freire e mostrar as semelhanças existentes entre ele e a versão de 1798 do documento “*A Carta Geographica de Projeção Espherica Orthogonal da Nova Lusitania ou America Portuguesa, e Estado do Brazil*”. Pretende-se ainda realizar uma análise preliminar sobre os topônimos existentes nos mapas, pois, segundo o encarte do mapa de 1798, foram utilizadas 86 cartas para sua confecção e, ao realizar uma comparação toponímica, haverá a possibilidade de averiguar a hipótese de que o mapa de 1793 foi utilizado como insumo para a elaboração dessa versão do mapa da Nova Lusitânia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado nesta pesquisa foi a “*Carta Geographica dos rios das Amazonas e Solimoens [...]*” (1793) (Figura 1) e “*A CARTA GEOGRAFICA DE PROJEÇÃO ESPHERICA ORTHOGONAL DA NOVA LUSITANIA ou América Portuguesa e Estado do Brazil*” (1798) (Figura 2), estando ambas digitalizadas. Assim, o início da pesquisa envolveu a extração de todos os topônimos, conforme metodologia descrita em Menezes (2020), do mapa de 1793, com auxílio do sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS, tendo sido extraídos, ao todo, 633 topônimos. Além disso, a extração dos topônimos do mapa da Nova Lusitânia, de 1798, já havia sido realizada em pesquisas anteriores, utilizando, do mesmo modo, o SIG ArcGIS, resultando na extração de 4737 nomes geográficos. Munido desse conjunto de informações, foi selecionada a Ilha de Marajó e um trecho da bacia do Tapajós, como recortes espaciais para uma comparação toponímica inicial, visto que as suas feições são facilmente identificadas, em ambos os mapas (Figuras 3 e 4).



FIGURA 3 - Recorte espacial da Ilha de Marajó no mapa de 1793, com os topônimos extraídos. Elaboração própria.



FIGURA 4 - Recorte espacial da Ilha de Marajó, no mapa de 1798, com os topônimos extraídos. Elaboração própria.

RESULTADOS

A análise da Ilha de Marajó, recorte espacial definido para esta pesquisa inicial, mostrou a presença de 46 topônimos no mapa da Viagem Filosófica e 63 no mapa da Nova Lusitânia (Quadro 1). Além disso, 19 topônimos estão presentes em ambos os recortes, ou seja, 30% de correspondência dos nomes analisados (exatamente iguais ou com variações, como “Ilha Cavianna” e “Caviana”). Entretanto, ao adentrar no interior amazônico e realizar um recorte na bacia do Tapajós, o número de topônimos, comuns a ambos os mapas, aumentou, sendo extraídos 23 nomes no mapa de 1793 e 34, no mapa de 1798, com a repetição de 14 topônimos, totalizando 41% de correspondência (Quadro 2).

QUADRO 1 - Comparação de alguns topônimos no recorte da Ilha de Marajó.

Mapa da Viagem Filosófica, 1793	Mapa da Nova Lusitânia, 1798
Ilha de Marajó ou Joannes	Marajó ou Joannes
Chaves	Chaves
Abaitú	Abaitús
Rebordello	Velho Rebordello
Ilha Cavianna	Caviana
Salvatera	Salvaterra
S. Anna	S. Anna

Elaboração própria.

QUADRO 2 - Comparação de alguns topônimos no recorte da Bacia do Tapajós.

Mapa da Viagem Filosófica, 1793	Mapa da Nova Lusitânia, 1798
Salinas	Salinas
Jacuruina	Jacuruina
R. Oca	Rio Oca
R. Arinos	Rio Arinos
R. Azevedo	Rio Azevedo
R. Ouro	Rio Ouro
R. Teneuina	Rio Teneuina

Elaboração própria.

CONCLUSÃO

Os resultados preliminares deste estudo apresentam uma análise comparativa entre a Carta Geográfica da Expedição Filosófica de 1793 e a versão de 1798 do mapa da Nova Lusitânia. Observa-se uma sobreposição considerável de topônimos, especialmente, ao adentrar nas regiões amazônicas, indicando uma possível influência do mapa de 1793, na elaboração subsequente do mapa da Nova Lusitânia. A presença de topônimos, comuns em ambos os mapas, sugere uma continuidade no conhecimento geográfico, adquirido durante a expedição de 1793. No entanto, é importante ressaltar que estes são resultados iniciais e uma análise mais aprofundada (a ser realizada posteriormente) é necessária, a fim de confirmar e compreender as relações entre esses documentos cartográficos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADONIAS, I. **A cartografia da região Amazônica I**. Rio de Janeiro: 1963. 716p.

CORRÊA-MARTINS, F.J. As várias “faces” da “Nova Lusitania”, de Antonio Pires da Silva Pontes. **IV Simpósio Luso Brasileiro de Cartografia Histórica**. Porto, 2011.

FREIRE, J.J. **Carta Geographica dos rios das Amazonas e Solimoens, Negro e Branco, rios da Madeira, Mamoré, e Guaporé, Jaurú, e Paraguay, com os confluents que desagoão nelles**: Navegados os sobreditos rios principaes, e alguns dos seus confluents, pelos empregados na Expedição Philosophica, que sahio de Lisboa em o primeiro de setembro de 1783, ese recolheo aella em 12 de janeiro de 1793. 1793. Rio de Janeiro: Mapoteca do Itamaraty, Ministério das Relações Exteriores. 42,5cm x 42,5cm.

LEME, A.P.S.P. **Carta Geografica de Projeção Espherica Orthogonal da Nova Lusitania ou America Portuguesa, e Estado do Brazil, 1798**. Rio de Janeiro: Arquivo Histórico do Exército. 148cm x 133cm.

MENEZES, P.M.L. **Roteiro de Extração de Nomes Geográficos em Mapas Antigos ou Históricos** Notas de aula. Laboratório de Cartografia – GeoCart, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 2020.

CAPÍTULO 8

OS NOMES GEOGRÁFICOS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A QUALIDADE DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Beatriz Cristina Pereira de Souza Pinto^{1, 2}

Paulo Márcio Leal de Menezes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. pmenezes@igeo.ufrj.br.

2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Diretoria de Geociências. Coordenação de Cartografia. Av. República do Chile, 500. Centro, Rio de Janeiro. RJ. Brasil. beatriz.souza@ibge.gov.br.

RESUMO

Os nomes geográficos estão inseridos no âmbito da produção cartográfica sistemática nacional, enquanto um atributo essencial das feições que compõem o mapeamento. Os documentos cartográficos se configuram como as fontes privilegiadas para analisá-los e fazê-los conhecer, conferindo-lhes inclusive especial legitimidade e fé pública, quando ratificados pela produção de instituições oficiais. Logo, surge diante do cenário da produção cartográfica nacional, a necessidade de registrar os nomes geográficos de forma precisa e pensar em estratégias que permitam sua utilização de maneira plena e eficaz, suscitando a necessidade da elaboração de regras de padronização, gestão e divulgação dos nomes geográficos. Tais aspectos, sem dúvida, contribuirão diretamente para melhorar a qualidade dos produtos cartográficos, de uma forma geral. Deste modo, o objetivo deste trabalho é apresentar uma discussão sobre a relação entre os nomes geográficos e a qualidade dos produtos cartográficos, buscando identificar lacunas existentes, que signifiquem possibilidades de melhoria nesse quesito.

Palavras-chave: nomes geográficos; mapeamento sistemático; qualidade.

ABSTRACT

Geographical names are included in the scope of national systematic cartographic production as an essential attribute of the features mapped. Therefore, cartographic documents can be understood as the privileged sources to analyze and make them known, even giving them special legitimacy and public faith when ratified by the production of official institutions. Then, in the scenario of national cartographic production, the need to register geographic names accurately and to think about strategies that allow their use in a full and effective manner arises, raising the need to develop rules for standardization, management and dissemination of geographical names. These aspects, without a doubt, directly contribute to a higher quality of national cartographic production. Therefore, the objective of this paper is to present a discussion on the relationship between geographical names and the quality of cartographic products, aiming to identify existing gaps that mean possibilities for improvement in this issue.

Keywords: *geographical names; systematic mapping; quality.*

INTRODUÇÃO

Os nomes geográficos constituem importante marca no espaço geográfico, uma vez que o individualizam e, de certa maneira, lhe conferem uma existência real, ao possibilitarem que algo se torne conhecido e identificável. No que concerne à cartografia, pode-se afirmar que eles são um elemento de interação imediata com o usuário, permitindo que este rapidamente se localize nas representações espaciais, a despeito do sistema de coordenadas empregado. Assim sendo, são, portanto, parte fundamental da linguagem cartográfica.

[...] [os nomes geográficos] refletem o caráter de uma paisagem humanizada, através de uma personificação própria, que a individualiza e a diferencia de qualquer outra área, passando, assim, a se constituir em uma linguagem geográfica fundamental que evidencia diversos aspectos sobre o espaço. (Menezes; Santos, 2006, p. 194)

Cabe destacar que os nomes geográficos estão inseridos no âmbito da produção cartográfica sistemática nacional, enquanto um atributo essencial das feições que compõem o mapeamento, já que, nas palavras de Santos, são “a verdadeira alma de uma representação cartográfica” (Santos, 2008, p. 4). Os documentos cartográficos se configuram como as fontes privilegiadas para analisá-los e fazê-los conhecer, conferindo-lhes inclusive especial legitimidade e fé pública, quando ratificados pela produção de instituições oficiais.

Logo, surge diante do cenário da produção cartográfica nacional, a necessidade de registrar os nomes geográficos, de forma precisa, e pensar em estratégias que permitam sua utilização, de maneira plena e eficaz, suscitando a necessidade da elaboração de regras de padronização, gestão e divulgação dos nomes geográficos. Tais aspectos, sem dúvida, contribuirão diretamente para melhorar a qualidade dos produtos cartográficos. Diante disso, este artigo tem como objetivo apresentar uma discussão sobre a relação entre os nomes geográficos e a qualidade dos produtos cartográficos, buscando identificar lacunas existentes, que signifiquem possibilidades de melhoria nesse quesito.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

O exercício de discussão desse artigo pretende apresentar uma proposta de entendimento do nome geográfico como uma camada componente do mapeamento (Figura 1).

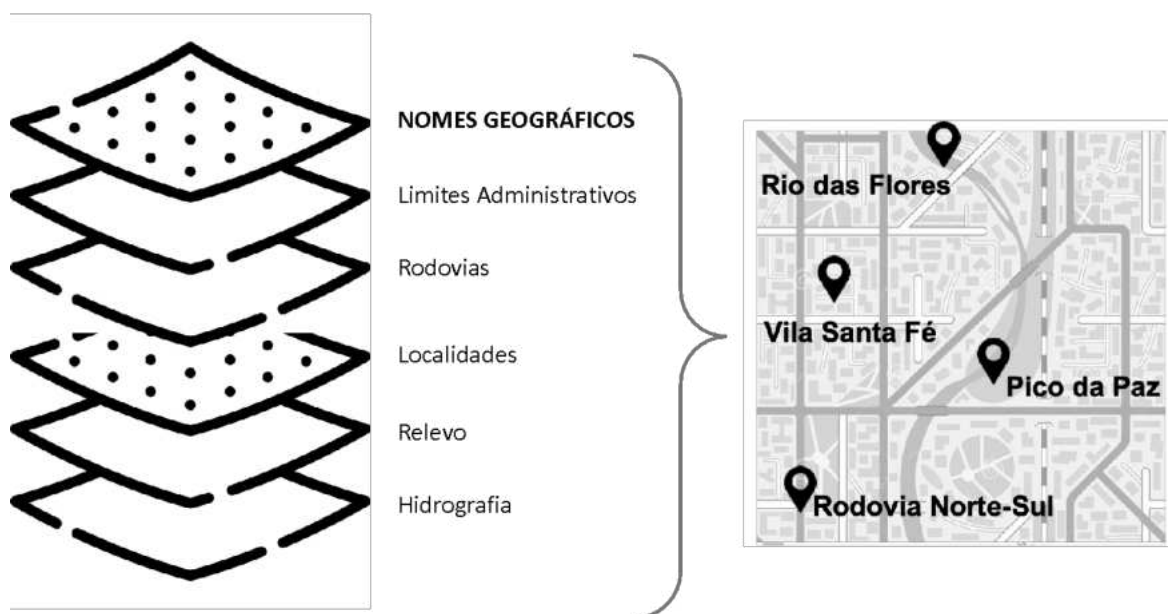


FIGURA 1 - Exemplos de camadas de dados que compõem um mapeamento. Elaboração própria.

Entender o conjunto de nomes geográficos, como mais uma camada componente do mapeamento, permite que, em certa medida, sua padronização e qualidade sejam tratadas de forma desvinculada de aspectos de aquisição da geometria, propriamente dita. Assim, pode-se analisar espacialmente o nome, independentemente da primitiva geométrica (ponto, linha ou polígono), a ele associada, uma vez que tal fato depende estritamente da escala e das regras de aquisição estabelecidas (vide, a título de esclarecimento, as Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-EDGV 3.0). Isto auxilia, portanto, na manutenção da integridade do nome geográfico entre as escalas, pois, ao tomar um nome geográfico com sua coordenada geográfica representativa, não é preciso tratar das mudanças de geometria, inerentes aos processos de generalização cartográfica, tais

como: numa escala maior, uma dada drenagem pode ser representada por área (rio de margem dupla), enquanto que, numa menor escala, ela apareça como linha; numa escala maior, um povoado pode ser representado como uma área, enquanto que, numa menor, como ponto etc.; ainda que, no “mundo real”, se trate do mesmo elemento geográfico.

Como se observa, a componente espacial é fundamental e imprescindível para que os nomes geográficos sejam corretamente utilizados e seja possível apresentá-los como um conjunto único, em que cada elemento tem uma coordenada representativa, facilitando a sua leitura e uso pelos usuários.

Sobre esta importância do nome geográfico, como uma camada de interesse do mapeamento, tem-se ainda o fato dela ser assim considerada pelo Comitê de Especialistas das Nações Unidas sobre a Gestão Global da Informação Geoespacial (UN-GGIM), conforme destacado por Zaccheddu (2023):

*The United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM) has acknowledged and described 14 global fundamental geospatial data themes – including geographical names – as a foundation to support global geospatial information management, notably used to support the integrated geospatial information framework, among other global initiatives to strengthen geospatial information.*¹ (p.2)

Partindo desse entendimento, pretende-se discutir alguns parâmetros de qualidade e normas, que poderiam ser aplicadas aos conjuntos de nomes geográficos, de maneira que sua utilização de torne mais ampla e eficaz.

NOMES GEOGRÁFICOS COMO INFORMAÇÃO GEOESPACIAL

O Grupo de Especialistas das Nações Unidas em Nomes Geográficos (UNGEGN, sigla em inglês) define o nome geográfico como o “nome aplicado a uma feição na Terra; caso especial de um nome topográfico ou topônimo”² (UNGEGN, 2002, p. 18, tradução nossa). Assim sendo, ele abrange, desde feições naturais, como os rios e as montanhas, até as feições antrópicas, como as ruas e as pontes. Delineia-se, portanto, um universo imenso de possibilidades de análise de nomes geográficos, seja por sua natureza, escala, representatividade, temporalidade, entre outros.

No que tange à geografia e à cartografia, o nome geográfico caracteriza-se por ser uma forma simbólica espacial, que confere inteligibilidade ao espaço, uma vez que o torna unívoco e dotado de certa personalidade. O ato de nomear faz o espaço ganhar sentido, relevância e identidade. Cartografar este nome, por sua vez, faz com que ele seja reconhecido, reafirmado e disseminado.

Partindo para uma definição mais detalhada e que busca incorporar suas particularidades, entende-se o nome geográfico como:

[...] o topônimo georreferenciado, inserido em um contexto temporal, a partir do qual podemos traçar aspectos relacionados às origens culturais e/ou históricas da feição que ele nomeia e/ou da comunidade que o instituiu. (IBGE, 2023, p.10)

- 1 O Comitê de Especialistas das Nações Unidas sobre a Gestão Global da Informação Geoespacial (UN-GGIM) reconheceu e descreveu 14 temas de dados geoespaciais fundamentais globais – incluindo nomes geográficos – como base para apoiar o gerenciamento da informação geoespacial global, usada, principalmente, para dar suporte a estrutura integrada de informações geoespaciais, entre outras iniciativas globais para fortalecer a informação geoespacial. (Zaccheddu, 2023, p. 2, tradução nossa).
- 2 “Name applied to a feature on Earth; a special case of a → topographic name or → toponym.” (UNGEGN, 2002, p. 18).

Acrescenta-se ainda que o nome geográfico pode ser considerado informação geoespacial ou informação geográfica, ou ainda, geoinformação. Sendo esta entendida, segundo Goodchild (2009), como uma informação sobre a natureza e a localização de fenômenos na, ou próximo à, superfície da Terra. Fato indispensável para sua caracterização, é, portanto, a presença de referências de posição, que o definam no espaço geográfico. Espaço este, que “corresponde ao resultado de um jogo de posições relativas de coisas e/ou fenômenos que se situam, ao mesmo tempo, sobre o mesmo espaço” (Gomes, 2013, p. 17). Goodchild, ao exemplificar como a informação geográfica está presente nos mais diversos elementos, acaba por salientar também como os nomes geográficos são parte intrínseca da mesma, ao afirmar:

*Maps are rich compilations of such [geographic] information, as are globes, geo-registered images and even statements such as ‘It is cold today in **Calgary**’ or ‘The elevation of **Mount Everest** is 8.848m’.*³ (Goodchild, 2009, p. 86, grifo nosso)

No que se refere à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), promulgada pelo Decreto n. 6.666, de 27 de novembro de 2008, de cujo, um dos principais objetivos é “promover o adequado ordenamento na geração, no armazenamento, no acesso, no compartilhamento, na disseminação e no uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal, em proveito do desenvolvimento do País” (Brasil, 2008), pode-se extrair também a seguinte definição, acerca do dado ou da informação geoespacial:

[...] aquela que se distingue essencialmente pela componente espacial, que associa a cada entidade ou fenômeno uma localização na Terra, traduzida por sistema geodésico de referência, em dado instantâneo ou período de tempo, podendo ser derivado, entre outras fontes, das tecnologias de levantamento, inclusive as associadas a sistemas globais de posicionamento apoiados por satélites, bem como de mapeamento ou de sensoriamento remoto. (Brasil, 2008)

Assim sendo, os nomes geográficos devem fazer parte dos mais diversos esforços que objetivam organizar e gerir de forma eficaz a informação geoespacial, conforme elucida Zaccheddu (2023):

*Today, regarding standardization, geographical names information can be considered geospatial information as any other, although the names information has its own modelling requirements.*⁴ (p. 13)

ASPECTOS DE QUALIDADE NA CARTOGRAFIA

Pode-se sintetizar a noção de qualidade na cartografia, a partir do entendimento de que “um produto cartográfico é uma representação da realidade e a qualidade é a ligação entre o conjunto de dados espaciais e este mundo real” (Santos, 2013, p. 5).

-
- 3 Mapas são ricas compilações de informações [geográficas], bem como globos, imagens georeferenciadas, e até declarações como ‘Hoje está frio em **Calgary**’ ou ‘A elevação do **Monte Everest** é de 8.848m’ (Goodchild, 2009, p. 86, grifo nosso, tradução nossa).
 - 4 Hoje, no que se refere à padronização, as informações de nomes geográficos podem ser consideradas informações geoespaciais como qualquer outra, embora as informações de nomes tenham seus próprios requisitos de modelagem. (Zaccheddu, 2023, p. 13, tradução nossa).

É necessário ter em mente também uma diferença fundamental, que diz respeito aos interesses do produtor e dos usuários, como aponta Santos (2013, p. 5):

Geralmente, os produtores focam na qualidade posicional, semântica, consistência lógica, temporal e completude dos dados; e os usuários, por outro lado, preocupam-se o quanto tais dados são adequados ao seu uso, considerando aspectos não previstos pelo produtor.

Assim sendo, observa-se como há uma ampla gama de parâmetros, que podem ser trabalhados para tratar dos aspectos de qualidade na cartografia, desde quesitos relacionados à geometria das representações, em si, até os aspectos relacionados à documentação do seu processo de produção. Diante do advento da cartografia digital, que aumentou sobremaneira a capacidade de produção, ao mesmo tempo, que facilitou a sua disseminação e popularizou a sua utilização por um grupo maior e mais diverso de usuários; muitos desses aspectos de qualidade permanecem inexplorados ou pouco trabalhados. Contextualizando na situação institucional do Brasil, que, por meio do Decreto n. 6.666, de 27 de novembro de 2008, institui a Infraestrutura de Dados Espaciais (INDE), apresenta-se que:

Independente do ponto de vista adotado, o controle sobre a qualidade de dados, é fundamental, tanto no processo de produção como na aplicação dos produtos cartográficos gerados. As demandas da INDE, aliada a padronização e normalização do modelo de dados da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), assim como os metadados, são indicativos da necessidade de controle de qualidade na produção do dado cartográfico. (Santos, 2013, p. 4)

IMPLICAÇÕES PARA OS NOMES GEOGRÁFICOS

Os nomes geográficos impactam diretamente na qualidade do produto cartográfico, em si, e das possíveis aplicações geradas por seus usuários. Sobre isso, Augusto *et. al.* (2007, p. 1.127) afirmam que “os nomes geográficos, junto com a localização espacial, são requisitos fundamentais para a qualidade da cartografia de referência do país e das bases geoespaciais”.

À reboque do advento da cartografia digital e dos seus inúmeros benefícios, observam-se lacunas de conhecimento e normatização, no que tange à aquisição, ao processamento e à disseminação dos nomes geográficos, sendo necessária a formatação de critérios específicos, que atendam a demanda crescente por sua utilização.

O caráter inteligível dos nomes geográficos, que o fazem ser informações de mais fácil leitura, em um produto cartográfico, contudo, não reflete a complexidade de sua produção e uso. Nesse sentido, a qualidade de um nome geográfico está principalmente relacionada com o conhecimento adequado de seus seguintes aspectos:

- Localização ou abrangência espacial;
- Uso atual ou abrangência temporal;
- Grafia tradicional;
- Existência de nomes variantes;
- Fonte do nome, compilação, coleta em campo, geoinformação colaborativa etc;
- Nome promulgado por alguma lei;
- Origem etimológica;
- Motivações; e
- Categoria do elemento nomeado;

No cenário atual da produção cartográfica nacional, contudo, não existe uma sistematização eficaz dessas informações sobre os nomes geográficos, que, muitas vezes, ficam dispersas em atributos das mais diversas camadas do mapeamento. Para o usuário, então, as informações correlatas ao nome geográfico, fundamentais para sua plena utilização, permanecem como uma “caixa preta”.

Diante dessa situação, duas ações trariam um impacto direto e benéfico para a qualidade do mapeamento sistemático nacional: a consolidação dos nomes geográficos, como uma camada independente do mapeamento, e a criação de metadados específicos para os nomes geográficos.

Por meio da consolidação da camada de nomes geográficos, torna facilitada a sua revisão e permite que sejam realizadas as análises de consistência entre nomes que possuam semelhança ortográfica (e/ou proximidade espacial) e ainda que redundâncias sejam evitadas. Esta forma de trabalho com os nomes geográficos traria então uma facilitação da sua gestão por parte do produtor.

Já sobre os metadados, acredita-se que eles sejam fundamentais para os interesses do usuário, na medida em que levaria ao conhecimento de atributos dos nomes geográficos, que favorecem seu adequado uso. Como os metadados “descrevem o conteúdo, a qualidade, os procedimentos de geração e outras características dos dados” (Weber *et. al.*, 1999, p. 9), integram um universo de possibilidades, que permitem a utilização plena e eficaz dos dados geoespaciais, além de aventarem a delimitação de campos, que compreendam a natureza específica de um conjunto de informações, tais quais, os nomes geográficos. Nesse sentido, cabe apontar que:

A informação prestada pelos metadados representa uma substancial economia de recursos na pesquisa e busca de dados geoespaciais existentes, bem como no monitoramento, controle e aquisição dos mesmos. Sua importância reside, entre outras coisas, no fato de possibilitarem avaliar o grau com que um conjunto de dados satisfaz as necessidades de uma determinada aplicação geográfica e inferir o produto que pode ser esperado como resultado de uma análise com eles efetuada. (Weber *et. al.*, 1999, p. 6)

Assim, na medida em que “fornecem as informações necessárias para se conhecer o que um conjunto de dados oferece – seu conteúdo e características –, além das formas de apresentação dos dados” (CONCAR, 2010, p. 23), pode-se salientar como mais urgente, no que tange à qualidade do nome geográficos e às suas implicações nos produtos cartográficos, à criação de uma ficha de metadados, específica para este tipo de informação geoespacial, que abarque as suas principais particularidades.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, fica evidente a relação entre os nomes geográficos e a qualidade do mapeamento sistemático, não podendo esta informação geoespacial ser tratada como apenas mais um atributo das bases cartográficas. É necessário, pela natureza desta informação, consolidá-la em uma única camada e pensar em estratégias específicas, que promovam sua melhor divulgação e uso, como é o caso da elaboração de uma ficha específica de metadados.

O aprofundamento dessas discussões pode consequentemente facilitar a interoperabilidade deste tipo de informação geoespacial e fazer com que os benefícios advindos de um uso adequado dos nomes geográficos sejam alcançados, sobretudo, no que se refere à eliminação de esforços redundantes para a aquisição dos mesmos e a progressiva construção de um repositório nacional único de nomes geográficos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUGUSTO, M.J.C., SANTOS, C.J.B., COSTA, P.A.V. Nomes Geográficos no Âmbito do IBGE. In: V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2007, Presidente Prudente, SP. II Simpósio Brasileiro de Geomática, 2007. *Anais...*, São Paulo, 2007. p. 1127-1129.
http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2007_II_SBG/resumos/R_033.pdf

- BRASIL. **Decreto n. 6.666, de 27 de novembro de 2008.** Institui a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. Brasília, 2008. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6666.htm
- CONCAR (Comissão Nacional de Cartografia). Comitê Especializado para a Estruturação da Mapoteca Nacional Digital. **Especificações técnicas para estruturação de dados geoespaciais vetoriais (ET-EDGV 3.0).** Rio de Janeiro: CONCAR, 2017. 43p. https://inde.gov.br/pdf/ET-EDGV_versao_3.0_2018_05_20.pdf
- CONCAR (Comissão Nacional de Cartografia). **Plano de Ação para Implantação da INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais.** CONCAR, 2010.
- GOMES, P.C.C. **O lugar do olhar:** elementos para uma geografia da visibilidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 320p.
- GOODCHILD, M.F. NeoGeography and the nature of geographic expertise. **Journal of Location Based Services**, v. 3, n. 2, p. 82-96, 2009.
- IBGE. **Manual de Coleta de Nomes Geográficos.** Rio de Janeiro, 2023. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=2102007>
- MENEZES, P.M.L. de, SANTOS, C.J.B. dos. Geonímia do Brasil: pesquisa, reflexões e aspectos relevantes. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 2, 2006.
- SANTOS, A. da S. **Geoestatística aplicada na avaliação da qualidade de dados geoespaciais.** 2013. 148f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 2013. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3816/1/texto%20completo.pdf>
- UNGEGN (*United Nation Group of Experts on Geographic Names*). **Glossary of Terms.** New York, 2002. <https://unstats.un.org/unsd/geoinfo/ungegn/docs/glossary.pdf>
- UN-GGIM (*United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management*). **The Global Fundamental Geospatial Data Themes.** New York, 2019. https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9th-Session/documents/Fundamental_Data_Publication.pdf
- WEBER, E. *et al.* **Qualidade de dados geoespaciais.** Porto Alegre: Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. 37p. (Relatório de Pesquisa - RHAe / CNPq, RP-293).
- ZACCHEDDU, P.-G. **On geographical names data modelling and transfer related standards, manuals, or guidelines – some ideas from the Working Group on Geographical Names Data Management.** United Nations Group of Experts on Geographical Names, 2023 Session, New York. https://unstats.un.org/unsd/ungegn/sessions/3rd_session_2023/documents/GEGN.2_2023_99_CRP99.pdf

CAPÍTULO 9

RESGATE HISTÓRICO E GEOGRÁFICO DOS LIMITES DA FREGUESIA DE JACAREPAGUÁ – CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Gabriel Furtunato¹

Tainá Laeta¹

Paulo Márcio Leal de Menezes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. gabrielfurtunato.gf@gmail.com; tainalaeta@gmail.com; pmenezes@acd.ufrj.br.

RESUMO

A história das terras que compõem a baixada de Jacarepaguá é longa, contando com delimitações, ocupações e expansões, porém, sem ter devida atenção histórica geográfica visto sua distância da sesmaria patrimonial (Rudge, 1983). A Sesmaria de Jacarepaguá é estabelecida no século XVI, com a cafeicultura como principal atividade, e a freguesia homônima é criada, em 1661, por João Correia de Sá, então governador, sob denominação de Nossa Senhora do Loreto e Santo Antônio de Jacarepaguá (Santos, 1965). Sendo assim, o objetivo desse trabalho é, a partir da análise de documentos históricos cartográficos e documentos históricos normativos, além da bibliografia sobre o tema, realizar um resgate dos limites da freguesia de Jacarepaguá, o sertão carioca (Vianna, 1992), no recorte temporal do período imperial, pois, com a chegada da família real portuguesa, muitas outras freguesias foram criadas, como reflexo da expansão da cidade. Para tal análise, foi utilizada a Carta do Distrito Federal – 1922 (Serviço Geographico Militar), sob a guarda da Biblioteca Nacional, a base cartográfica do Instituto Pereira Passos (IPP) e documentos histórico-normativos, para, assim, realizar um resgate geo-histórico dos limites da freguesia de Jacarepaguá, possibilitando uma melhor compreensão da dinâmica de expansão da cidade do Rio de Janeiro no período imperial.

Palavras-chave: cartografia histórica; Cidade do Rio de Janeiro; Freguesia de Jacarepaguá; Sesmaria de Jacarepaguá.

ABSTRACT

The history of the lands that compose the Jacarepaguá lowland is long, with delimitations, occupations and expansions, even so, without the appropriate historical and geographic attention, due to its distance from the patrimonial sesmaria (Rudge, 1983). The Jacarepaguá sesmaria is established in the 16th century with coffee-plantation as its main economic activity and the namesake freguesia is created in 1661 by João Correia de Sá, then governor, under the denomination of Nossa Senhora do Loreto e Santo Antônio de Jacarepaguá (Santos, 1965). Therefore, this work objective is, from the historical cartographic documents and historical normative documents analysis and the theme bibliography, to accomplish the rescue of the Jacarepaguá freguesia limits, the sertão carioca, in the imperial era time cut, because, with the portuguese royal family arrival, many other freguesias were created due to the city's expansion. For this analysis, it was used the Carta do Distrito Federal – 1922 (Serviço Geographico Militar) under the Biblioteca Nacional guard, the Instituto Pereira Passos (IPP) cartographic basis and historical normative documents, to accomplish a geo-historical rescue of the Jacarepaguá freguesia limits, making possible a better comprehension of the Rio de Janeiro city's expansion dynamic at the imperial era.

Keywords: historical cartography; Rio de Janeiro City; Jacarepaguá Freguesia; Jacarepaguá Sesmaria.

INTRODUÇÃO

Desde suas primeiras medições de terra, por volta do século XVI até hoje, as terras entre os maciços da Tijuca e Pedra Branca, denominadas “Baixada de Jacarepaguá”, passaram por diversas mudanças de território e utilização do solo, que levaram a alterações consideráveis em seus limites e, consequentemente, alteração dos limites da própria Cidade do Rio de Janeiro.

A Cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro era originalmente composta unicamente pela freguesia de São Sebastião, na atual região central, seguida pela criação da freguesia da Candelária e, posteriormente, em 1644, a freguesia de Irajá, primeira freguesia rural da cidade. A criação da freguesia de Jacarepaguá se dá em 1661, como a segunda freguesia rural, a partir do desmembramento da então freguesia de Irajá.

Com o avanço temporal e novas fragmentações político-administrativas na cidade, a freguesia de Jacarepaguá também perdeu considerável território. Seu primeiro desmembramento ocorreu em 1672, com a criação da freguesia de Campo Grande. Os desmembramentos subsequentes ocorreram a partir dessa nova freguesia, configurando um limite final para Jacarepaguá.

Assim, da freguesia de Campo Grande, surgem as freguesias de Guaratiba, em 1755, e Santa Cruz, em 1833, trazendo consigo parte do território de Itaguaí, em anexo à capital. É importante recordar que, os desmembramentos subsequentes ocorreram da freguesia de Campo Grande, sendo as terras dessa freguesia, originalmente, pertencentes à freguesia de Jacarepaguá.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar um resgate histórico dos limites da freguesia de Jacarepaguá, no recorte temporal do período colonial e imperial, entre os anos de 1644 e 1833, conjuntamente com a análise de documentos histórico-cartográficos e normativos, além da bibliografia sobre o tema.

MATERIAIS

Como materiais cartográficos, foi utilizado primeiramente o documento histórico-cartográfico “Carta do Districto Federal – levantada, desenhada e impressa pelo Serviço Geographico Militar – 1922”, na escala 1:50.000. Este documento se encontra sob guarda da Biblioteca Nacional (Figura 1). O segundo documento cartográfico utilizado foi a base cartográfica do Instituto Pereira Passos, na escala 1:10.000, com as camadas de regiões administrativas, bairros, logradouros, quadras e hidrografia.

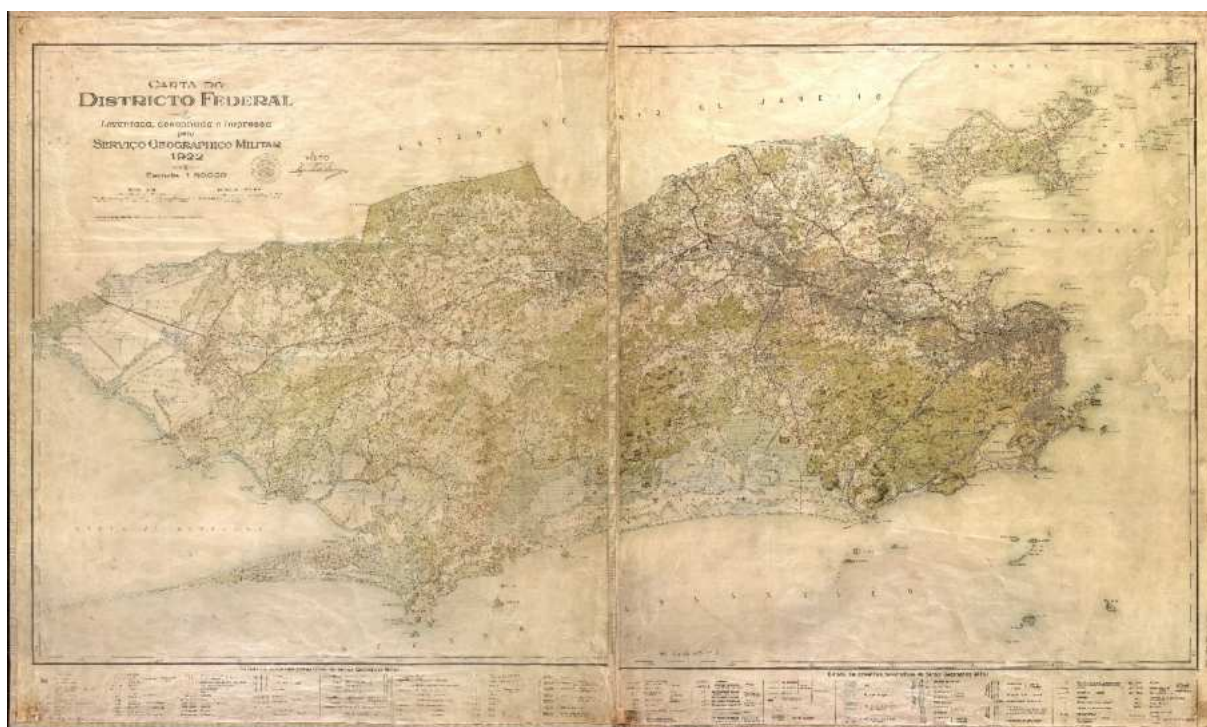


FIGURA 1 - Carta do Districto Federal (1922). Fonte: Biblioteca Nacional.

MÉTODOS

Os métodos utilizados para elaboração da pesquisa consistiram em três etapas (Figura 2), a começar pelo levantamento de material cartográfico, para servir de base para a realização dos limites da freguesia citada. O segundo passo consistiu no processamento dos dados, com o georreferenciamento do documento histórico-cartográfico Carta do Distrito Federal (1922), com auxílio do sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS. Após o georreferenciamento, foi realizada a vetorização dos limites das freguesias. Vale destacar que, no mapa histórico de 1922, as freguesias se apresentam sob a denominação de distritos, pois, no momento de seu levantamento, as divisões político-administrativas do Distrito Federal se davam por distritos.

Ainda referente ao processamento, foi realizado o levantamento bibliográfico de documentos histórico-normativos, como leis e decretos, sobre os limites das freguesias urbanas e rurais.

É importante considerar que, na vetorização dos distritos no mapa de 1922, constavam 29 distritos e, assim, para resgatar os possíveis limites das freguesias dentro do recorte temporal estudado, foi necessário realizar agrupamento de algumas freguesias, que ainda não haviam sido desmembradas/emancipadas à época.

Assim, a partir do georreferenciamento do mapa histórico, associado ao levantamento bibliográfico e a base cartográfica, foi possível realizar a reconstrução dos limites das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro no recorte temporal estudado.

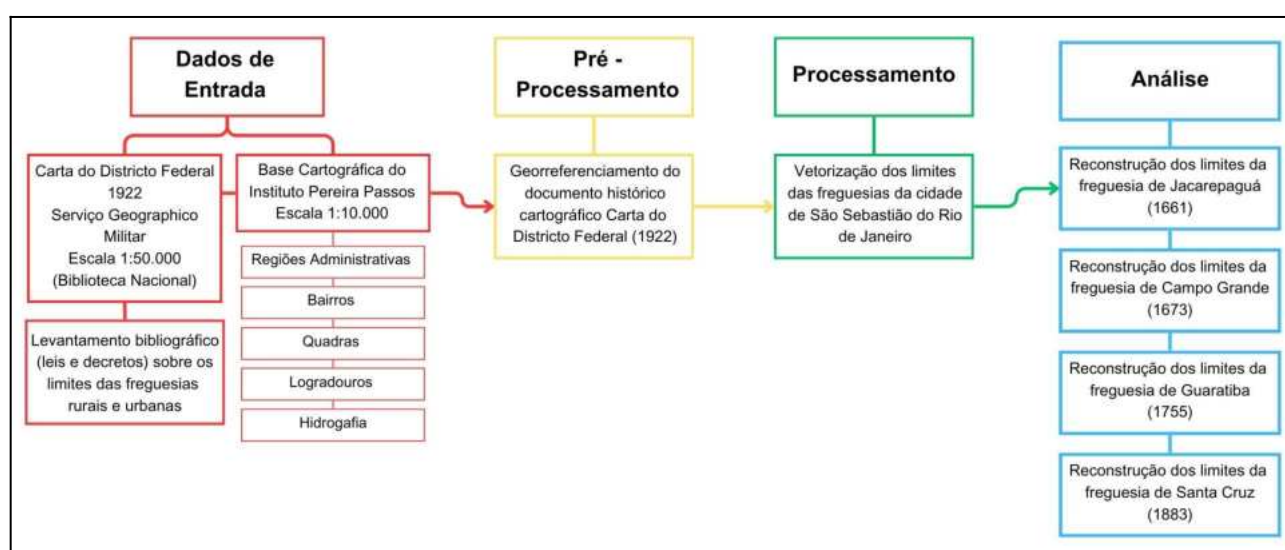


FIGURA 2 - Fluxograma de materiais e métodos utilizados para elaboração do resgate histórico-geográfico dos limites das freguesias do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

RESULTADOS

Inicialmente, foram vetorizados os limites das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, em três momentos históricos diferentes. No primeiro mapa elaborado, foram traçados os limites das freguesias existentes em 1644, 1661 e 1673 (Figura 3). A mudança dos limites é representada por meio da variável visual cor, onde o tracejado preto representa os limites entre as freguesias existentes, até o ano de 1644 (São Sebastião, Candelária e Irajá). Já o tracejado vermelho representa a freguesia de Jacarepaguá, desmembrada da freguesia de Irajá, em 1661; e, por fim, a linha tracejada amarela marca o desmembramento, no ano de 1673, da freguesia de Campo Grande da freguesia de Jacarepaguá.

Delimitação das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro - 1644/1661/1673



FIGURA 3 - Mapa de delimitação das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro nos anos de 1644, 1661 e 1673. Elaboração própria.

O segundo mapa representa a delimitação das freguesias de São Sebastião do Rio de Janeiro, em 1755 (Figura 4). Neste mapa, as linhas pretas representam aquelas freguesias que se originaram, ou que já existiam, sem ter feito parte da freguesia de Jacarepaguá, anteriormente; ou seja, além das já citadas São Sebastião, Candelária e Irajá, há também o surgimento das freguesias de Inhaúma, Ilha do Governador, Santa Rita e São José. Dentro do recorte da pesquisa, ou seja, nas freguesias delimitadas em amarelo, que se formaram em território subsequente de Jacarepaguá, observa-se o surgimento da freguesia de Guaratiba, ao sul da (até então) freguesia de Campo Grande, que, por sua vez, fizera parte de Jacarepaguá, até 1673.

O terceiro e último mapa confeccionado representa o último desmembramento relevante no território original da freguesia de Jacarepaguá: a criação da freguesia de Santa Cruz. Esta freguesia tem, na composição de seu território, parte do território da freguesia de Campo Grande e do município de Itaguaí, anexado ao Município Neutro, formando essa freguesia em 1833 (Figura 5). Para além disso, também se observa a criação das freguesias de Sant'Anna, no centro da cidade, Ilha de Paquetá, Engenho velho e Lagoa, estas duas últimas, pertencendo às atuais zonas Norte e Sul do Rio de Janeiro, respectivamente.

Delimitação das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro - 1755



FIGURA 4 - Mapa de delimitação das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro no ano de 1755. Elaboração própria.

Delimitação das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro - 1833



FIGURA 5 - Mapa de delimitação das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro no ano de 1833. Elaboração própria.

DISCUSSÃO

Após o levantamento do traçado dos limites das freguesias e, conseqüentemente, a construção dos mapas que representam os limites das freguesias da cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, foi possível notar que houve considerável fragmentação do território da cidade, evidenciado desde a análise do primeiro mapa (Figura 3). Neste, observa-se a existência de apenas três freguesias até 1644: São Sebastião, Candelária e Irajá. Destaca-se ainda o fato de que, até 1644, havia uma única freguesia rural: a freguesia de Irajá.

No ano de 1661, foi emancipada da freguesia rural de Irajá, a freguesia de Jacarepaguá. Essa pretensa emancipação já demonstrava a preocupação de expansão e ocupação do território. O que fica mais evidenciado com as emancipações das freguesias rurais de Campo Grande (1673), Guaratiba (1755) e Santa Cruz (1933), todas oriundas da freguesia de Jacarepaguá.

Esta embrionária fragmentação territorial da cidade do Rio de Janeiro reflete a crescente expansão de ocupação de seu território, visto que tal particionamento em unidades menores implica em um controle mais direto e específico de uma determinada região, pelos poderes políticos e econômicos presentes naquele momento: Coroa e Igreja. Dessa forma, essas novas freguesias ganhavam maior relevância político-administrativa e, conseqüentemente, caminhavam para seu próprio crescimento e desenvolvimento, o que levaria ao desenvolvimento concomitante da cidade do Rio de Janeiro.

CONCLUSÃO

A partir da realização das pesquisas e das confecções de mapas, foi possível concluir que a criação das freguesias, a partir da baixada de Jacarepaguá, puderam levar à expansão urbana, com a criação de novos subúrbios no perímetro das freguesias mais antigas. Pois, visto que o limite a oeste do Rio de Janeiro não era tão definido, já que, durante toda a era colonial e parte do império, a ocupação se resumia às freguesias urbanas, próximas à baía de Guanabara.

Assim, o limite da freguesia de Jacarepaguá e as freguesias consecutivas, que vieram a se formar a oeste, refletem uma expansão urbana e política da Cidade, para além dos limites da freguesia patrimonial. Sempre considerando que esses limites, aqui representados, tratam de suposições, devido à carência de informações sobre o tema nesse recorte temporal.

Como etapa futura, pretende-se buscar novos documentos históricos normativos, acessando outras instituições de memória documental, como o Arquivo Geral da Cidade do Rio de Janeiro. Assim como, buscar outros mapas históricos, que permitam melhor conhecer os limites da freguesia de Jacarepaguá. Ainda nesse sentido, reconstruir os limites internos, isto é, das fazendas/engenhos, que compunham o território da freguesia de Jacarepaguá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARTA DO DISTRICTO FEDERAL. **Levantada, desenhada e impressa pelo Serviço Geographico Militar**. Rio de Janeiro: Biblioteca Nacional, 1922. Escala: 1:50.000.
http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_cartografia/cart71378/cart71378.jpg
- IPP (Instituto Pereira Passos). **Base Cartográfica do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Sistema de Informações Urbanas (SIURB), 2024. Escala 1:10.000.
- RUDGE, R.T. **As Sesmarias de Jacarepaguá**. São Paulo: Livraria Kosmos Editora S.A., 1983. 144p.
- SANTOS, N. **As Freguesias do Rio Antigo**. Rio de Janeiro: Editora Cruzeiro, 1965. 223p.
- VIANNA, H. **Baixada de Jacarepaguá: Sertão e “Zona Sul”**. Rio de Janeiro: Departamento Geral de Patrimônio Cultural, 1992. 133p.

CAPÍTULO 10

UTILIZAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO ‘*THIN PLATE SPLINE*’ (TPS) DO QGIS PARA A CORREÇÃO GEOMÉTRICA E GEORREFERENCIAMENTO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS ANTIGAS DISTORCIDAS: UM ESTUDO DE CASO

Matheus Duarte Stelkler¹

Ricardo Tavares Zaidan¹

1. Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Juiz de Fora. Minas Gerais. Brasil. matheusduartestelkler@gmail.com; ricardo.zaidan@ufjf.br.

RESUMO

Neste estudo, apresenta-se as considerações e os desdobramentos observados a partir de um estudo de caso no qual se realizou os procedimentos de correção geométrica e georreferenciamento com base no modelo matemático *thin plate spline* (TPS) do sistema de informação geográfica QGIS, em fotografias aéreas antigas, as quais detinham distorções geométricas, intituladas como linhas de descontinuidade. Verificou-se que o modelo matemático *thin plate spline* foi o mais adequado para corrigir essas falhas distribuídas ao longo de todas as imagens, visto que ele tem como característica especial a transformação geométrica localizada, isto é, a atuação não sobre a imagem como um todo, mas distribuída conforme os pontos de controle inseridos pelo usuário, permitindo uma maior flexibilidade na correção do material distorcido.

Palavras-chave: cartografia histórica; geografia histórica; registro de imagem; distorções geométricas.

ABSTRACT

In this study, the considerations and outcomes observed from a case study in which geometric correction and georeferencing procedures were carried out based on the thin plate spline (TPS) mathematical model in the QGIS software on old aerial photographs, which exhibited geometric distortions referred to here as discontinuity lines, were summarized. It was found that the thin plate spline mathematical model was the most suitable for correcting these faults distributed throughout the entire image, as it has the special characteristic of localized geometric transformation, meaning it acts not on the image as a whole, but distributed according to control points inserted by the user, allowing greater flexibility in correcting distorted material.

Keywords: historical cartography; historical geography; geometric correction; geometric distortions.

INTRODUÇÃO

Geralmente, o uso, manuseio e tratamento de materiais cartográficos antigos, em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG) apresenta uma série de desafios operacionais. Isso ocorre, devido à natureza analógica desses materiais, em comparação com as possibilidades computacionais de processamento atuais, dadas as limitações tecnológicas, associadas à época em que esses documentos foram produzidos.

Nesse escopo, a utilização de fotografias aéreas não georreferenciadas para esses mesmos fins pode se apresentar como um desafio ainda maior, dada a probabilidade de distorções geométricas, associadas aos procedimentos de captura e tratamento analógicos dessas imagens, na época em que foram produzidas.

Assim sendo, como a extração de dados, a partir de fotografias aéreas, depende da identificação e interpretação visual dos seus elementos (representados de modo espacialmente determinado e posicionado), é necessário que tais distorções geométricas existentes sejam corrigidas adequadamente, a fim de que se possa extrair dados confiáveis dessa fonte histórica.

A superação dessas dificuldades requer uma combinação de técnicas de (re)processamento de imagem, reconstrução de metadados e análise cuidadosa das limitações que esse material apresenta, fatores que indicarão a viabilidade de uma pesquisa sobre essas fotografias aéreas. Nesse caso, certamente, será necessário um esforço muito significativo para reinterpretar e restaurar tais fotografias aéreas, de modo a torná-las aptas e úteis para um estudo que tenha por objetivo uma análise espacial contemporânea.

Em vista dessas questões, o objetivo deste trabalho é apresentar as considerações e os desdobramentos, observados a partir de um estudo de caso, no qual se utilizou o modelo matemático *Thin Plate Spline* (TPS), para a correção geométrica e o georreferenciamento de fotografias aéreas antigas distorcidas. Esse estudo de caso tem como origem as observações dos procedimentos mencionados, anteriormente executados ao longo da produção do trabalho de conclusão de curso em geografia do primeiro autor (Stelkler, 2022).

AS FOTOGRAFIAS AÉREAS

O material utilizado para a realização dos procedimentos de correção geométrica e de georreferenciamento discutidos neste estudo é um conjunto de fotografias aéreas do município de Juiz de Fora (MG) datadas de 1968 (LASA, 1968). Essas imagens foram registradas, a pedido da Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, pela empresa fluminense denominada LASA – Engenharia e Prospecções S.A., no mês de setembro daquele ano.

Nesse sentido, tendo em vista que esses materiais cartográficos foram elaborados em um contexto no qual o levantamento aerofotográfico estava ainda consolidando-se no Brasil, especialmente, fora do estado de São Paulo, os procedimentos de captura e processamento de imagem realizados eram ainda muito arcaicos. Desse modo, uma série de cuidados especiais, no que se refere ao manejo dessas fotografias, fizeram-se necessários para que o seu conteúdo fosse utilizado de forma confiável, dentro dos padrões técnicos atuais.

Em 1968, assim que a etapa de voo e captura fotográfica foi finalizada, a LASA, no processo de tratamento das fotografias aéreas que estavam sendo produzidas, entrepôs analogicamente os fragmentos contínuos obtidos no levantamento aéreo e segmentou o mosaico elaborado em 19 folhas distintas, sendo justamente essas 19 folhas, o conjunto que foi utilizado como base para este trabalho. Em cada uma dessas folhas, está disposta, na sua parte inferior, uma porção da superfície terrestre que foi fotografada em formato mais ou menos retangular. Além disso, na sua parte superior, há a indicação de algumas informações técnicas referentes à fotografia e ao levantamento aerofotográfico realizado pela LASA no ano de 1968.

Atualmente, essas 19 folhas estão guardadas no acervo histórico da Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, mas foram disponibilizadas por essa instituição ao Laboratório de Geoprocessamento Aplicado (LGA), do Departamento de Geociências, da Universidade Federal de Juiz de Fora. Nesse laboratório, elas foram digitalizadas e armazenadas no seu banco de dados, por meio do qual foram obtidas para este trabalho.

Em posse das folhas digitalizadas, a primeira etapa prática realizada neste trabalho foi recortar a porção inferior de cada uma das 19 folhas. Essa parte das folhas contém as fotografias capturadas no levantamento aerofotográfico, as quais são monocromáticas (em preto e branco), cada uma possuindo uma escala de representação de 1:8.000 e com dimensões de, via de regra, 9.150 por 10.800 px.

AS DISTORÇÕES DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS A SEREM CORRIGIDAS

No processo de montagem do mosaico aerofotográfico em estudo, os responsáveis por esse procedimento realizaram analogicamente colagens de trechos de fotografia que, em muitas vezes, não constituíam uma continuidade entre si. Essa questão ocorreu devido à projeção cônica dos fragmentos

de fotografia, que foram mosaicados, visto que, na projeção cônica, as extremidades verticais são distorcidas, diferentemente, entre si. Nesse sentido, quando dois fragmentos eram colados, uma parte distorcida de uma maneira poderia ser unida a uma outra parte distorcida de outra maneira, resultando em linhas de falhas ao longo de todo o mosaico gerado. Essas falhas, neste trabalho, foram intituladas como linhas de descontinuidade. Na Figura 1A, observa-se um esquema representativo da colagem de dois fragmentos com projeção cônica e a não continuidade, resultante da união de duas porções distorcidas diferentemente. Na Figura 1B, demonstra-se um exemplo dessas linhas de descontinuidade no material utilizado neste estudo, na qual se observa uma via deslocada em um fragmento de fotografia em relação à sua projeção em um outro fragmento de fotografia. Para além dessas falhas grosseiras, observou-se também algumas imprecisões menores, geradas por conta do desgaste do tempo nessas folhas analógicas, o que pode ser reparado também na correção geométrica.

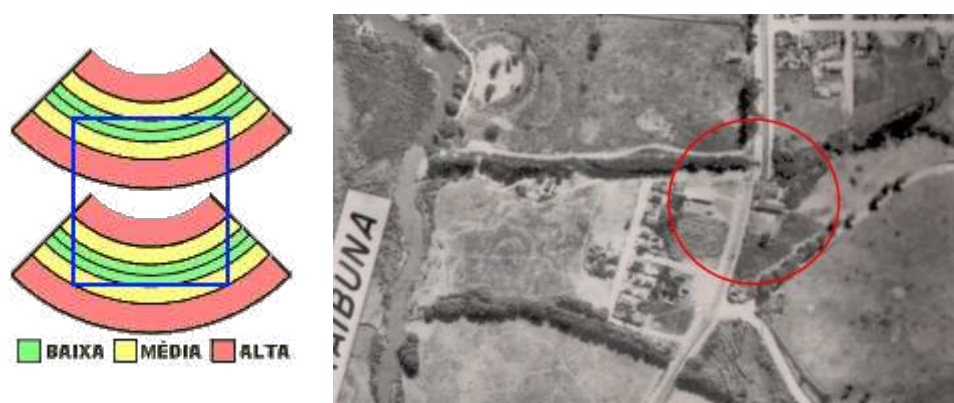


FIGURA 1 - A (esq.) Esquema representativo da distorção resultante da união entre dois fragmentos em projeção cônica. Fonte: elaborado por Matheus Duarte Stelkler em 2024. B (dir.) Exemplo de linha de descontinuidade em uma das fotografias aéreas de 1968. Fonte: LASA (1968), adaptado por Matheus Duarte Stelkler, em 2024.

Em relação aos erros tratados no último parágrafo, é necessário fazer uma ressalva: a falha geométrica de linhas de descontinuidade, mencionada anteriormente, não é citada na literatura acadêmica como uma imprecisão padrão de fotografias aéreas e de imagens de satélite. D'Alge (2001), por exemplo, lista somente distorções geométricas inerentes à plataforma (altitude, posição e velocidade), ao instrumento (sensores de varredura mecânica e sensores de varredura eletrônica) e ao modelo da terra (esfericidade, relevo e rotação). Nesse sentido, observa-se que esses erros padrão, citados pelo autor, estão relacionados ao processo de captura e não, ao tratamento, como ocorre com as linhas de descontinuidade das fotografias aéreas de 1968. Apesar disso, ainda assim, essas linhas de descontinuidade podem ser corrigidas geometricamente por meio da mesma lógica aplicada às imprecisões padrão, referidas por D'Alge (2001), de modo que o modelo metodológico apresentado pelo autor atende perfeitamente às demandas de correção deste trabalho.

As linhas de descontinuidade, presentes nas 19 folhas do mosaico aerofotográfico, apresentaram-se como um desafio muito significativo para o progresso da correção geométrica desses itens, uma vez que, havendo muitas distorções dentro de cada uma das fotografias aéreas, os métodos lineares de correção geométrica não foram capazes de promover um ajuste satisfatório dos elementos representados em cada uma das 19 folhas. Essa dificuldade deveu-se ao fato de que, nos métodos lineares de correção geométrica, o posicionamento de cada elemento espacial das imagens ocorre por meio somente de um movimento bidimensional do *raster* em questão, de modo a deslocar o máximo possível, os seus elementos espaciais para próximo dos pontos de controle correspondentes, adicionados ao longo desse procedimento. Nesse sentido, como as fotografias aéreas utilizadas neste trabalho são compostas por linhas inteiras de distorção, somente esse movimento bidimensional de

posicionamento, conforme os pontos de controle inseridos, acaba por ser infrutífero, pois ele se aplica corretamente a apenas uma porção pequena da fotografia.

Outra questão que dificultou a correção geométrica e o georreferenciamento das fotografias aéreas de 1968 foi o fato de que a LASA não utilizou uma grade (ou qualquer outra forma de indicação de coordenadas) de pontos conhecidos da área fotografada. Assim sendo, ao invés de utilizar os valores de latitude e longitude (ou X e Y) atribuídos às fotografias, a correção geométrica e o georreferenciamento por parte deste trabalho tiveram de ser realizados, a partir da identificação de marcos visuais em comum, entre as folhas de 1968 e uma outra imagem de referência. Para essa finalidade, utilizaram-se as imagens aéreas georreferenciadas de Juiz de Fora, datadas de 2007 (Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A., 2007), confeccionadas a partir do levantamento aerofotogramétrico digital, promovido pela Prefeitura de Juiz de Fora, naquele mesmo ano, e armazenadas no banco de dados do LGA. No que se refere aos pontos em comum identificados nos dois conjuntos de imagens (pontos de controle), priorizaram-se os elementos com pouca alteração, ao longo do tempo, como as construções, e que não tenham uma altura significativa, pois as fotografias de 1968 não estão ortorretificadas, como os cruzamentos de vias, as delimitações de lotes e as marcações de sinalização viária.

A CORREÇÃO GEOMÉTRICA E O GEORREFERENCIAMENTO

Em suma, o procedimento de correção geométrica objetiva reparar os erros sistemáticos, relativos à geometria dos elementos representados em um material cartográfico, para que, assim, o georreferenciamento possa posicionar, em latitude e longitude (ou outra forma de indicação espacial), um certo elemento da superfície terrestre, na sua localização correspondente em relação a um sistema de referência geodésico. Neste estudo, o sistema de referência utilizado foi o SIRGAS2000 23S, com projeção UTM. A execução da correção geométrica e do georreferenciamento foi realizada com o SIG QGIS e demandou muito esforço e tempo, pois as fotografias aéreas de 1968 foram produzidas e tratadas com uma série de problemas relativos às adversidades de seu tempo, que dificultaram o andamento regular desses procedimentos nos parâmetros de geoprocessamento usuais.

Os procedimentos de correção geométrica e de georreferenciamento foram executados com base na explicação conceitual e metodológica de registro de imagens de D'Alge (2001). Nesse sentido, seguindo o estudo elaborado pelo autor, a primeira questão que deve ser pensada nesse procedimento é a escolha do tipo de transformação geométrica a ser aplicada ao material de trabalho. No âmbito de um SIG, a função matemática a ser aplicada em uma imagem é escolhida dentre as opções de transformação geométrica disponíveis para a correção geométrica/georreferenciamento. Esses modelos de aplicação agregam, em si, parâmetros matemáticos de transformação distintos, que geram efeitos geométricos variados sobre o material cartográfico matricial a ser corrigido, de modo que a escolha desse modelo deve ser feita conforme, principalmente, o grau de distorção da imagem a ser corrigida e posicionada, além da facilidade de trabalho, a qualidade e o tipo do material.

Os pontos de controle (em inglês: *ground control points*, GCP) são pontos inseridos pelo usuário no material cartográfico matricial, a ser corrigido geometricamente e georreferenciado, durante esses procedimentos, tendo por base, o conhecimento das coordenadas dessa posição marcada, seja por meio de grades indicativas desses valores, seja por meio da obtenção da latitude e da longitude do ponto, via pesquisa de campo. No caso de não se ter conhecimento de tais coordenadas, a exemplo do que ocorre neste trabalho, os pontos de controle são marcados em posições, nas quais se pode visualizar marcos cômicos entre a imagem a ser corrigida e georreferenciada (imagem de ajuste) e uma outra imagem georreferenciada previamente (imagem de referência) (Fedorov, 2003). Os pontos de controle, por fim, depois de inseridos em uma distribuição e em uma quantidade, necessárias ao propósito do trabalho, são utilizados pelo SIG como pontos de referência, a fim de corrigir os erros geométricos e posicionar a imagem em questão. Dependendo do modelo matemático utilizado, as

áreas marcadas e não marcadas com pontos de controle são modeladas de maneiras distintas. Os principais modelos matemáticos do SIG QGIS são: linear, helmert, polinomial 1, polinomial 2, polinomial 3, projetivo e suavizador em lâminas finas (TPS).

O modelo suavizador em lâminas finas (TPS), utilizado neste trabalho, é o mais distinto entre todos os modelos matemáticos mencionados anteriormente, pois os seus parâmetros matemáticos têm como base um conceito distintivo de "minimização da energia de curvatura de uma placa delgada de metal fixa a alguns pontos amostrais" (Magna Júnior et al., 2014, p. 23), de onde provém o seu nome. O modelo suavizador em lâminas finas funciona de forma semelhante ao polinomial 3, mas com uma diferença crucial: enquanto o modelo polinomial 3 utiliza uma função polinomial modelada em transformações geométricas aplicadas na imagem como um todo, o modelo suavizador em lâminas finas utiliza uma função polinomial modelada em transformações geométricas, aplicadas localmente na imagem, conforme os pontos de controle especificados. De forma bastante completa, conforme explica MicrolImages (2013, n.p., tradução do autor):

O modelo suavizador em lâminas finas é uma transformação global elástica que mantém as coordenadas do mapa atribuídas por pontos de controle, mas aplica variações de transformação suaves entre esses pontos de controles. Usando-se da inserção de pontos de controle, a transformação das coordenadas da imagem para coordenadas do mapa é modelada matematicamente como a deformação de uma placa elástica fina. A transformação global computada minimiza a energia de dobra (curvatura) dessa hipotética placa. A influência de um ponto de controle individual nesse modelo é localizada e diminui rapidamente conforme se distancia desse ponto.

Conforme Magna Júnior *et al.* (2014, p. 23), o modelo suavizador em lâminas finas "possibilita a decomposição da modelagem em uma transformação linear e uma componente de distorções não lineares". Nesse sentido, as áreas com grande concentração de pontos de controle serão deformadas literalmente, conforme essas indicações, mas aquelas em que não há pontos de controle serão deformadas suavemente ou apenas movidas de acordo com a sua distância ao ponto de controle mais próximo, a fim de serem acomodadas no arranjo do material cartográfico matricial corrigido. O modelo suavizador em lâminas finas é o "ideal para a correção geométrica e para o georreferenciamento de mapas danificados, deformados ou imprecisos, além daqueles que foram mal ortorretificados" (QGIS, 2022). Segundo Akiyama, Marcato Junior e Tommaselli (2018, p. 9), o suavizador em lâminas finas é um dos modelos de correção e posicionamento mais modernos, o qual pode ser utilizado para "a interpolação de superfícies sobre dados irregularmente espaçados, e sua formulação proporciona uma utilização em diversas aplicações, e independe de um arranjo regular dos dados".

Após vários testes com os modelos matemáticos de transformação geométrica disponíveis tanto no SIG ArcGIS como no QGIS, verificou-se que aquele que apresentou os resultados mais fidedignos quanto à correção e ao posicionamento dos elementos espaciais das fotografias aéreas de 1968, em relação ao sistema de referência cartográfica utilizado, foi a opção suavizador em lâminas finas (TPS) do QGIS. Esse modelo matemático generalizado de transformação geométrica é idêntico àquele nomeado como "*spline*" no ArcMap, mas se preferiu utilizar a opção disponibilizada pelo QGIS, por conta da maior praticidade desse SIG, na etapa de inserção de pontos de controle nas fotografias aéreas.

O modelo matemático generalizado suavizador em lâminas finas mostrou-se como a opção mais adequada para o caso de correção geométrica e de georreferenciamento deste trabalho, por conta justamente da sua particularidade de correção, aplicada localmente na imagem, conforme os pontos de controle inseridos. Essa propriedade faz com que as folhas do mosaico aerofotográfico de 1968 possam ser rearranjadas, de maneira correta, nas porções da área fotografada, em que há a presença das linhas de descontinuidade e/ou a remoção de áreas, que deveriam estar sendo representadas. Como essas linhas de descontinuidade estão distribuídas de forma irregular pelas 19 folhas, somente

o modelo de suavizador em lâminas finas com a sua correção focalizada apresentou resultados fidedignos, quanto à correção geométrica e ao georreferenciamento em toda a abrangência das fotografias. Esse benefício do modelo matemático suavizador em lâminas finas, de rearranjar as imagens de ajuste, conforme os pontos de controle adicionados, apresenta, no entanto, uma contrapartida: a necessidade de inserir uma quantidade muito grande de pontos de controle, distribuídos ao longo de todo o *raster* original, pois, somente assim, o algoritmo desse modelo matemático consegue corrigir e posicionar satisfatoriamente toda a imagem tratada, ainda mais, em se tratando de materiais matriciais que contemplam uma área fotografada muito grande. Nesse sentido, quanto maior a quantidade e a distribuição dos pontos de controle utilizados, menores são as distorções resultantes no produto final. Assim sendo, tentou-se, em cada uma das 19 folhas utilizadas neste trabalho, adicionar a maior quantidade possível de pontos de controle e o mais distribuídos possível, a fim de que se chegasse a uma espacialização minimamente bem posicionada.

RESULTADOS

Concluídas todas as etapas da explicação metodológica de correção geométrica e de georreferenciamento, com base no registro de imagens proposta por D'Alge (2001), conseguiu-se, finalmente, corrigir e posicionar cada uma das 19 folhas do mosaico aerofotográfico de 1968, reparando os seus erros geométricos (linhas de descontinuidade) e atribuindo as suas coordenadas da matriz às coordenadas da superfície terrestre correspondentes, com base no sistema de referência geodésico SIRGAS2000 Zona 23S e projeção UTM. Feito isso, tornou-se possível juntar digitalmente todas as 19 folhas corrigidas e posicionadas, criando um mosaico com toda a área, fotografada no levantamento aerofotográfico de 1968, demonstrado na Figura 2.

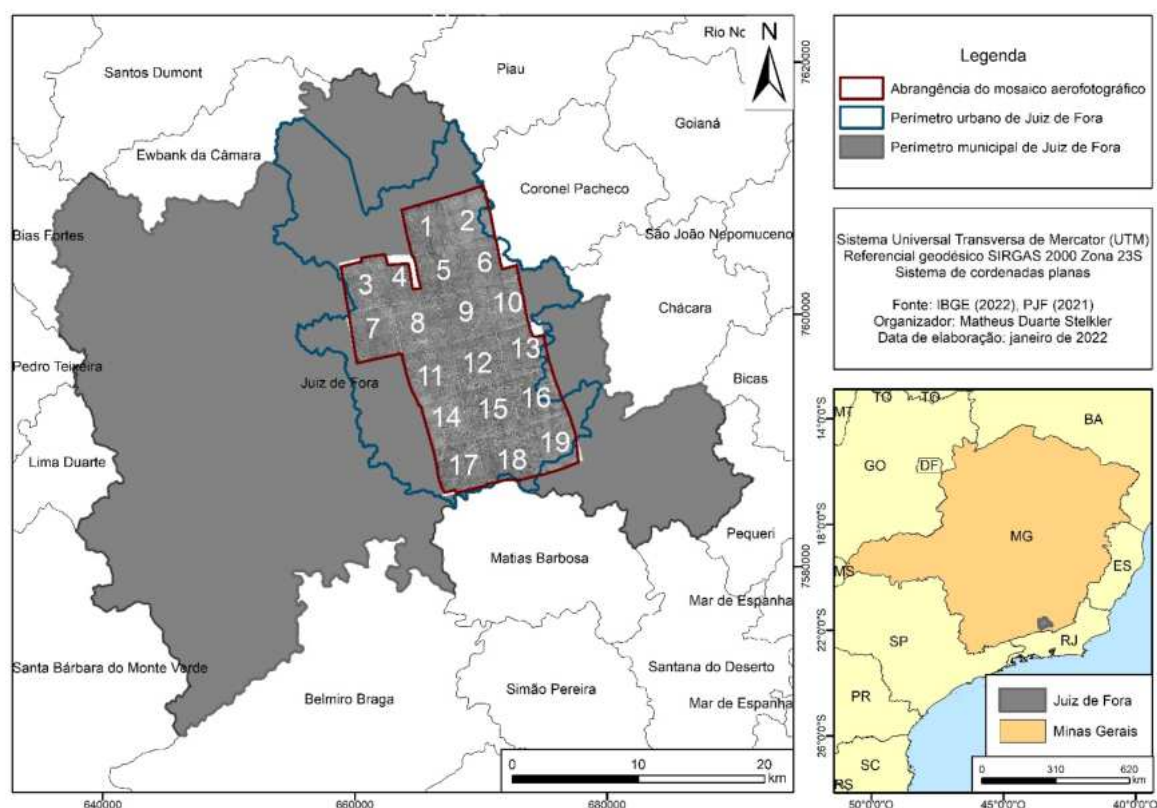


FIGURA 2 - Resultado da correção geométrica e georreferenciamento das 19 folhas. Fonte: Stelkler (2022).

Após o que foi detalhado sobre os procedimentos de correção geométrica e de georreferenciamento executados neste trabalho, é necessário fazer uma ponderação sobre os resultados obtidos nesses processos: como alguns percalços fizeram-se presentes nas etapas de correção e de posicionamento das folhas do mosaico aerofotográfico de 1968, a exemplo da pouca margem de inserção de pontos de controle nas porções rurais e florestais da superfície fotografada, diminuindo a eficácia do modelo matemático generalizado suavizador em lâminas finas, a correção geométrica e o georreferenciamento adotados neste trabalho para as fotografias aéreas de 1968 não têm a pretensão de atingir uma acurácia posicional extremamente elevada nesses materiais cartográficos matriciais corrigidos, especialmente, nessas porções mais problemáticas. Segundo Congalton e Green (1999) *apud* Prado (2009, n.p.), a acurácia posicional diz respeito ao "quão exata é a localização das feições existentes no mapa em relação à sua verdadeira posição na superfície terrestre".

Em trabalhos que tratam da correção geométrica e/ou do georreferenciamento de uma imagem, é praxe que os resultados contemplem uma avaliação do que foi obtido nesses procedimentos, o que é feito, geralmente, comparando-se as coordenadas de pontos homólogos aleatórios na imagem corrigida e em outra imagem de base. Este trabalho, no entanto, possui uma particularidade: como dito anteriormente, buscou-se identificar a maior quantidade possível de marcos cômugruos entre a imagem de ajuste e a imagem de referência, para que o modelo matemático suavizador em lâminas finas pudesse ser utilizado, de modo a corrigir e posicionar as 19 folhas do mosaico aerofotográfico de 1968, da melhor maneira possível. Nesse sentido, esse método de avaliação, pautado na comparação entre pontos homólogos, não parece ser adequado para a metodologia executada, visto que, como o suavizador em lâminas finas altera localmente e atribui as coordenadas da matriz a posições distintas na superfície terrestre, conforme os pontos de controle inseridos, os resultados dessa avaliação seriam diferentes para cada ponto de comparação.

Caso se avaliasse o posicionamento de uma área marcada com um ponto de controle, por exemplo, a diferença de coordenadas entre a imagem de ajuste e a imagem de referência seria próxima de zero, pois a transformação geométrica, pautada no suavizador em lâminas finas, faz uso de tais pontos, como fixos na correção geométrica e no georreferenciamento, similar ao que foi discutido quanto ao erro médio apresentado por esse modelo matemático. Por outro lado, caso se avaliasse o posicionamento de uma área que não foi marcada com pontos de controle, por exemplo, a diferença de coordenadas entre a imagem de ajuste e a imagem de referência poderia variar de próximo de zero a valores maiores, dependendo da distribuição e da proximidade dos pontos de controle adjacentes, além de que o problema relativo à dificuldade de encontrar marcos visuais cômugruos, nessas áreas, voltaria à tona. Assim sendo, optou-se por não realizar uma avaliação nos moldes de comparação de pontos homólogos, de modo a evitar resultados que não representem de fato o tratamento das 19 folhas do mosaico aerofotográfico de 1968.

Nesse âmbito, outro dilema impossibilita a avaliação dos resultados obtidos nas etapas de correção geométrica e de georreferenciamento: não se tem conhecimento, na literatura acadêmica, de um outro método de avaliação das transformações do suavizador em lâminas finas. Supõe-se que tal questão ocorra pelo fato de que esse modelo matemático é relativamente novo no campo do geoprocessamento, além de ser pouco usado para os procedimentos de correção e posicionamento de imagens. Por conta de tais questões, esse trabalho não apresenta uma avaliação matemática dos resultados obtidos nas etapas de correção geométrica e de georreferenciamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se, ao final das observações deste estudo, que o modelo matemático suavizador em lâminas (TPS), utilizado no registro das fotografias aéreas, demonstrou ser, de fato, a melhor opção para contornar os problemas enfrentados neste trabalho, pois permitiu que o *raster* fosse modelado, conforme os pontos de controle adicionados no procedimento. A utilização dessa transformação deve

ser pensada previamente com cuidado, pois demanda que os pontos de controle devam ser adicionados com distribuição e quantidade adequadas, para que funcione eficazmente, o que nem sempre pode ser feito devidamente, dependendo dos arquivos de base de cada projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIYAMA, T.S.; MARCATO JUNIOR, J.; TOMMASELLI, A.M.G. Correção geométrica de imagens CBERS-4/PAN com modelos generalizados usando como referência dados do Sistema Nacional de Gestão Fundiária. **Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 358-368, fev. 2018.
- D'ALGE, J.C.L. Cartografia para geoprocessamento. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001, p. 141-171.
- ESTEIO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S.A. **Cidade de Juiz de Fora (MG)**. Curitiba, 2007. Ortofotocarta Planialtimétrica. Escala 1:2000.
- FEDOROV, D. **Sistema semiautomático de registro e mosaico de imagens**. 2003. 155f. Dissertação (Mestrado em computação avançada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002.
- LASA - ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A. **Juiz de Fora (MG)**. Cidade de Juiz de Fora. Rio de Janeiro: [s. n.], 1968. Fotografia aérea. Escala 1:8000.
- MAGNA JÚNIOR, J.P.; CAMARGO, P. de O.; GALO, M. Transformação de coordenadas com modelagem de distorções entre SAD69 e SIRGAS2000 com o uso de thin plate splines. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 19-38, jan.-mar. 2014.
- MICROIMAGES, Inc. Reproject using thin pate spline model. In: MICROIMAGES, Inc. **Raster & Image Processing**. [S.l.], fev. 2013. <https://www.microimages.com/documentation/TechGuides/79ResampleTPS.pdf>
- PRADO, F. de A. **Sistema hierárquico de classificação para mapeamento da cobertura da terra nas escalas regional e urbana**. 2009. 169f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2009.
- QGIS (v. 16.3). Georeferencer. In: QGIS. **QGIS Documentation 3.22**. [S.l.], 2022. https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/user_manual/working_with_raster/georeferencer.html
- STELKLER, M.D. **Tratamento cartográfico aplicado às fotografias aéreas de Juiz de Fora do ano de 1968 para a elaboração de um mapeamento de cobertura e uso da terra**. 2022. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2022.



EIXO 3

Cartografia Lúdica, escolar e geotecnologias na educação básica

CAPÍTULO 11

A GEOINFORMAÇÃO NA GESTÃO DE RISCO DE BASE COMUNITÁRIA: UMA ANÁLISE A PARTIR DO QUILOMBO SANTA RITA DO BRACUÍ-RJ

Marcos Vinicius de Souza Leu¹

Pamella Oliveira da Silva²

Darlan Souza Nery dos Santos³

João Gabriel Tiburcio de Araujo⁴

Paulo Jorge Vaitsman Leal¹

Monika Richter¹

1. Universidade Federal Fluminense - UFF. Instituto de Educação de Angra dos Reis. Departamento de Geografia e Políticas Públicas. marcos_leu@id.uff.br; pjvleal@id.uff.br; mrichter@id.uff.br.

2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense - UFF. Pós-Graduação em Gestão de Territórios e Saberes. pamellaoliveira@id.uff.br.

3. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-MG. Pós-Graduação em Geoprocessamento. Universidade Federal Fluminense - UFF. Graduação em Geografia. darlannery2@gmail.com.

4. Universidade Federal Fluminense - UFF. Graduação em Geografia. gabrieljoao@id.uff.br.

RESUMO

A participação pública é um processo que envolve diferentes categorias de direito, que englobam o acesso à informação, participação na tomada de decisões e a justiça. Dessa forma um processo participativo eficaz deve ir além da simples consulta para com os comunitários, mas também os engajar a participarem ativamente e fornecer ferramentas para tal.. Neste contexto, a frequente ocorrência dos desastres ambientais trouxe profundas alterações não só nas medidas e planos que visam reduzir os riscos de desastres naturais, mas também a necessidade de implementação de modelos de governança territorializados. Neste cenário, o município de Angra dos Reis, localizado no sul fluminense, vem sofrendo, nas últimas décadas, com desastres ambientais de forma cada vez mais frequente. Em dezembro de 2023, fortes chuvas assolaram a bacia hidrográfica do rio Bracui, onde se encontram duas comunidades tradicionais: a aldeia guarani Sapukai e o quilombo Santa Rita do Bracuí. Diante do ocorrido, os comunitários do Quilombo se articularam com pesquisadores da UFF e outros parceiros para dimensionar os impactos em seu território, constituindo assim uma forma que a comunidade encontrou de ser capaz de lidar com os efeitos do desastre e propor caminhos para o seu enfrentamento.

Palavras-chave: desastres socioambientais; autogestão; Quilombo Santa Rita do Bracui.

ABSTRACT

Public participation is a process that involves different categories of rights, which include access to information, participation in decision-making and justice. Therefore, an effective participatory process must go beyond simple consultation with community members, but also engage them to actively participate and provide tools for this, contributing to the empowerment of the community that begins to participate directly in decision-making and is thus able to ensure that their demands and needs are met, not limited to a reactive nature. In this context, the frequent occurrence of environmental disasters has brought profound changes not only to the measures and plans that aim to reduce the risks of natural disasters, but also the need to implement territorialized governance models. In this scenario, the municipality of Angra dos Reis, located in the south of Rio de Janeiro, has been suffering, in recent decades, from environmental disasters on an increasingly frequent basis. In December 2023, heavy rains devastated the Bracui river basin, where two traditional communities are located: the Guarani village Sapukai and the quilombo Santa Rita do Bracuí. In view of what happened, Quilombo community members worked together with researchers from UFF and other partners to assess the impacts in their territory, thus constituting a way for the community to be able to deal with the effects of the disaster and propose ways to deal with it.

Keywords: socio-environmental disasters; self-management; Quilombo Santa Rita do Bracui.

INTRODUÇÃO

A temática da gestão de riscos e desastres ambientais vem se tornando cada vez mais importante, diante dos efeitos das mudanças climáticas. Os desastres ambientais mais comuns no Brasil estão fortemente vinculados a fatores hidrológicos, tais como enchentes, inundações e movimentos de massa (Ferreira; Albino; Freitas, 2011); isso se deve principalmente ao clima tropical úmido do país.

A frequente ocorrência dos desastres trouxe profundas alterações não só nas medidas e planos que visam reduzir os riscos de desastres naturais, mas também na própria concepção do que seriam esses desastres, como apontam Freitas e Coelho Netto (2017), compreendendo seu caráter socioambiental, ou seja, como a relação entre a sociedade e natureza, nos moldes atuais, vem se mostrando intensificadora dos processos que causam os desastres ambientais.

Apesar da importância da dimensão coletiva na construção de planos de gestão de riscos, inventários de cicatrizes de deslizamentos, mapas de riscos e suscetibilidades, Freitas e Coelho Netto (2017) apontam que há carência no Brasil e no mundo de modelos de governança territorializados. Em uma pesquisa realizada em Córrego Dantas na Região Serrana por Lacerda *et al.* (2018) com o objetivo de avaliar a participação da população nos procedimentos propostos pelo sistema de alerta e alarme, a fim de se entender a relevância do protagonismo comunitário para a fundamentação de políticas públicas participativas, os resultados apresentados revelam que se faz necessário um desenho de políticas públicas ligado ao protagonismo da população na gestão desse tipo de trabalho, isso porque, as pessoas além de não responderem de forma positiva ao sistema de alerta e alarme, não conseguem se enxergar nas estratégias produzidas. Assim, pensar em modelos de gestão de riscos que sejam articuladas com as comunidades, universidades, defesas civis é pensar de forma direta em meios que possam promover o diálogo de saberes e que assim possam ser construídos caminhos coletivos (Freitas; Coelho Netto, 2017).

Dessa forma, as geotecnologias e a cartografia social podem trazer grandes contribuições para a participação pública, ao facilitar que se alcance níveis mais elevados de participação. Gonzalez *et al.* (2008) apontam que a participação pública é um processo que envolve diferentes categorias de direito, que englobam o acesso à informação, participação na tomada de decisões e a justiça. Assim, um processo participativo eficaz deve ir além da simples consulta para com os comunitários, mas também os engajar a participarem ativamente e dar aos mesmos ferramentas para tal, contribuindo para o empoderamento da comunidade que passa a participar diretamente na tomada de decisões e tornando-se capazes de garantir que suas demandas e necessidades sejam atendidas, não se limitando a um caráter reativo.

No Litoral Sul do estado do Rio de Janeiro, o município de Angra dos Reis vem sofrendo, nas últimas décadas, com desastres ambientais de forma cada vez mais frequente. Como aponta Dantas (2000), a região é composta de um relevo suscetível a movimentos de massa devido às escarpas, e alagamentos, devido a suas planícies fluviomarinhas, processos que sofreram intensificação desses fenômenos com a construção da Rodovia Rio-Santos (BR-101), na década de 70.

Neste contexto, o Quilombo da Santa Rita do Bracuí, localizado no município de Angra dos Reis - RJ, sofreu com as fortes chuvas que assolaram o município no final do ano de 2023, entre os dias 8 e 9 de dezembro, onde aproximadamente 240 mm de chuva, o previsto para todo o mês de dezembro, caiu em um intervalo de 24 horas.

Diante da magnitude do ocorrido, os comunitários por meio da Associação dos Remanescentes de Quilombo (Arquisabra), em parceria com a UFF e o Fórum de comunidades tradicionais (FCT) se articularam para melhor compreender e dimensionar os impactos que ocorreram em seu território, isto é, quem foi afetado, como foi afetado, como a paisagem foi modificada e etc. constituindo assim uma forma que a comunidade encontrou de ser capaz de lidar com os efeitos do desastre que trouxe grandes impactos em seu território e à seus moradores e propor caminhos para o seu enfrentamento, considerando as previsões de intensificação desses processos mediante as mudanças climáticas.

METODOLOGIA

O trabalho se deu em diferentes etapas que envolveram o levantamento bibliográfico sobre o tema da gestão participativa de riscos, bem como documental cartográfico, que foi desde a base de dados geoespaciais até a aquisição de imagens de satélite do recorte, conjuntamente com levantamentos de campo onde se buscou dados a respeito dos atingidos da comunidade bem como levantamento com equipamento RPA (*remotely piloted aircraft*) das áreas que foram mais afetadas de acordo com a comunidade. Houve também rodas de conversas entre a Associação dos Remanescentes de Quilombo de Santa Rita do Bracuí (ARQUISABRA) e a equipe de pesquisa da UFF e reuniões com Instituições Públicas, gerando encaminhamentos vinculados a gestão de risco de base comunitária.

Escolha da área de estudo

Um evento significativo de deslizamento de terra na parte alta e áreas de inundações na parte baixa ocorreu entre os dias 8 e 9 de dezembro de 2023 em Angra dos Reis, RJ devido a uma chuva intensa, cerca de 250 mm em 40 horas medidos na parte baixa da bacia (estação Bracuí - 330010003A do Cemaden), pois não há posto na parte alta que melhor considere o volume de água nas cabeceiras dos rios, sendo que desses 250 mm, 178 foram precipitados num período de 7 horas.

Levantamento bibliográfico e documental cartográfico

Nesta etapa foram analisados artigos e demais referenciais que tratam do tema da gestão participativa de risco, bem como relatos de experiências no território da Costa Verde.

Como levantamento documental cartográfico, foram obtidas bases de dados geoespaciais sobre a drenagem, o relevo (modelo digital), geração de mapas 3D a partir do SRTM de modo a permitir melhor compreensão por parte dos comunitários dos fatores condicionantes do relevo para a ocorrência dos deslizamentos e sobre as mudanças no uso e cobertura da terra junto a plataforma do MapBiomias.

Enquanto produtos de sensoriamento remoto pré e pós evento foram geradas carta imagens e *banners* informativos a partir de imagens do *Planet* com 3 m de resolução.

Levantamento de campo

A comunidade mobilizada realizou levantamento junto aos comunitários atingidos utilizando o *Vicon Saga*, buscando investigar o perfil desses atingidos, assim como de que maneira foram afetados.

Também foram realizados levantamentos com equipamento RPA modelo Mavic Air 2s das áreas de interesse apontadas pela comunidade.

Reuniões com equipe de pesquisadores e instituições públicas

Em janeiro de 2024, dois meses após o evento, pesquisadores da UFF estiveram reunidos com membros da Arquisabra para debater sobre possíveis caminhos para a gestão de risco participativa. Após registros, debates e reflexões sobre as demandas da comunidade foi encaminhado ofício à prefeitura de Angra dos Reis, solicitando uma visita da defesa civil e de outras secretarias municipais, tais como agricultura, obras e serviço social. Esta reunião ocorreu em 14 de março de 2024, sendo sucedida por outras individualizadas para encaminhamentos específicos. Como um dos desdobramentos, a instalação de mais um posto pluviométrico na comunidade, bem como a organização de um grupo de voluntários comunitários e não comunitários para atuarem junto a defesa civil em casos de novas ocorrências.

RESULTADOS

Através dos encontros com a comunidade, da análise da base de dados geoespacial e dos levantamentos em campo foi possível identificar as áreas que foram mais afetadas pelas fortes chuvas que ocorreram na região.

A imagem do satélite *Planet*, do dia 15/12/2023, data posterior às chuvas permitiu identificar fortes alterações na bacia do rio Bracuí. As imagens mostram centenas de deslizamentos nas cabeceiras dos cursos d'água e canais de drenagem alterados pela passagem de fluxos de detritos que depositaram uma grande carga sedimentar na área entre a foz do rio Caracatinga e a Cachoeira da Corda, no rio Bracuí. A grande densidade de cicatrizes de deslizamento e as mudanças observadas nos canais de drenagem evidenciados na imagem, além da quantidade de detritos depositados, sugerem a ocorrência de um grande número de fluxos de detritos nos canais tributários dos rios Caracatinga e Paca Grande, rios formadores do rio Bracuí. A imagem também mostra as diferenças do uso e ocupação dessa parte da bacia do rio Bracuí (Figura 1).

O modelo 3D da bacia (Figura 1) mostra dois compartimentos, um montanhoso com grande amplitude altimétrica, declividades acentuadas e alta energia e outro com relevo muito suave, onde os sedimentos mais pesados são depositados e um grande volume de água se concentra e onde o rio Bracuí transbordou, inundando áreas densamente ocupadas atingindo moradores da região.

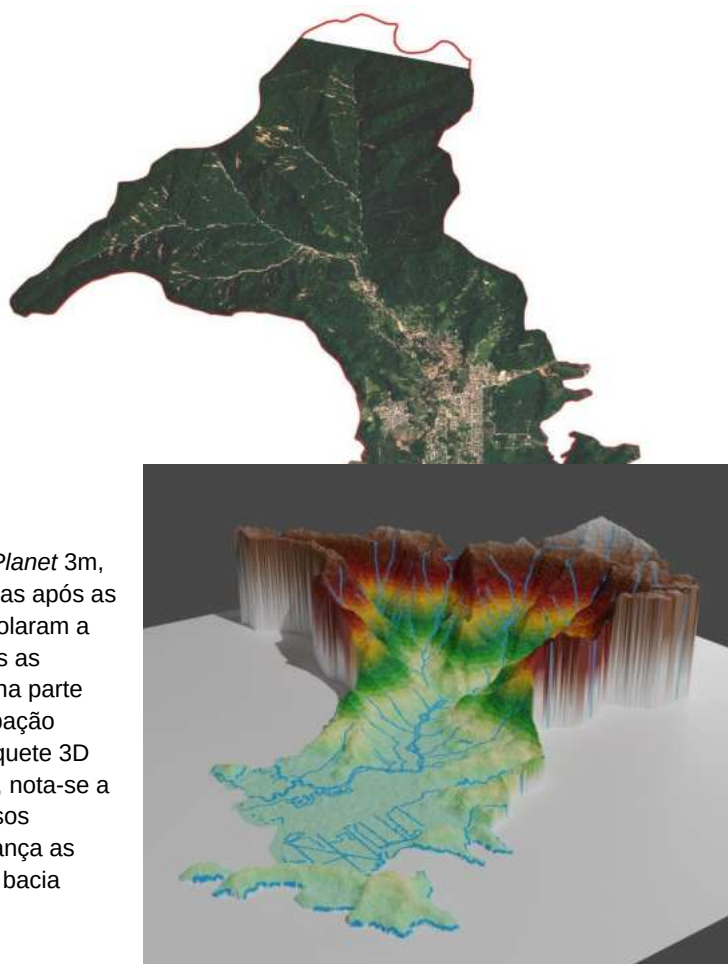


FIGURA 1 - Imagem *Planet* 3m, de 15/12/2023, sete dias após as fortes chuvas que assolaram a região. Nas cabeceiras as inúmeras cicatrizes e na parte baixa da bacia, a ocupação urbana (a direita). Maquete 3D da bacia do rio Bracuí, nota-se a concentração dos cursos hídricos conforme alcança as partes mais baixas da bacia (2024).

A Roda de Conversa, realizada em janeiro de 2024, e que envolveu comunitários e pesquisadores foi importante para entender as consequências do evento dos dias 8 e 9 de dezembro na comunidade e para iniciar uma troca de informações e para se pensar numa estratégia de ações de fortalecimento comunitário (Figura 2). Durante a conversa vários temas foram tratados, entre os quais: logo após o evento uma obra ao longo da margem do rio Bracuí foi iniciada com grande movimentação de máquinas, pela prefeitura e a comunidade não tinha conhecimento do escopo da obra e tinha muitas dúvidas sobre os impactos dessa obra; mapeamento das áreas de risco com a comunidade; apoio às famílias atingidas (como e para quem?); ações para evitar ampliação de construções não quilombolas, evitar adensamento urbano que só impermeabiliza o solo; implantação de sirenes e Instalação de pluviômetro nas cabeceiras



FIGURA 2 – (esq.) Roda de Conversa entre membros da ARQUISABRA e pesquisadores da UFF; e (dir.) Reunião com técnicos da prefeitura (defesa civil e secretaria de obras, agricultura e assistência social). Acervo dos autores (2024).



FIGURA 3 – (esq.) Ortomosaico gerado a partir de levantamento com RPA modelo Mavic Air 2S em uma das localidades atingida pelas enxurradas; e (dir.) Foto tirada próximo ao Poção e casa da D. Marilda, uma das lideranças comunitárias. Acervo dos autores (2024).

Além da base de dados geoespacial para melhor compreender as dinâmicas do fenômeno ocorrido, bem como os impactos gerados, dos levantamentos de campo com equipamento RPA (Figura 3) e das reuniões realizadas (Figura 2), os comunitários do Quilombo da Santa Rita do Bracuí realizaram, em uma parceria entre a Arquisabra e o Fórum das Comunidades de Comunidades Tradicionais, um levantamento de dados dos moradores afetados pela enchente utilizando o programa Vicon SAGA. No

total, foram 94 pessoas entrevistadas, com 90 dessas tendo suas residências atingidas pelo desastre, como pode ser verificado no Gráfico 1. Além disso, no tocante a ajuda do poder público, Prefeitura ou Governo do Estado, apenas 5 de 87 pessoas relataram ter recebido algum tipo de ajuda (Gráfico 2), o que revela um cenário preocupante onde existe um vazio do poder público no que tange o amparo e ajuda para as populações afetadas pelo desastre e demonstra que parte significativa do auxílio veio da própria população, pois entre 85 pessoas que foram perguntadas sobre doações de água e alimento, 84 relataram ter recebido, evidenciando o papel de outros agentes nessas situações.

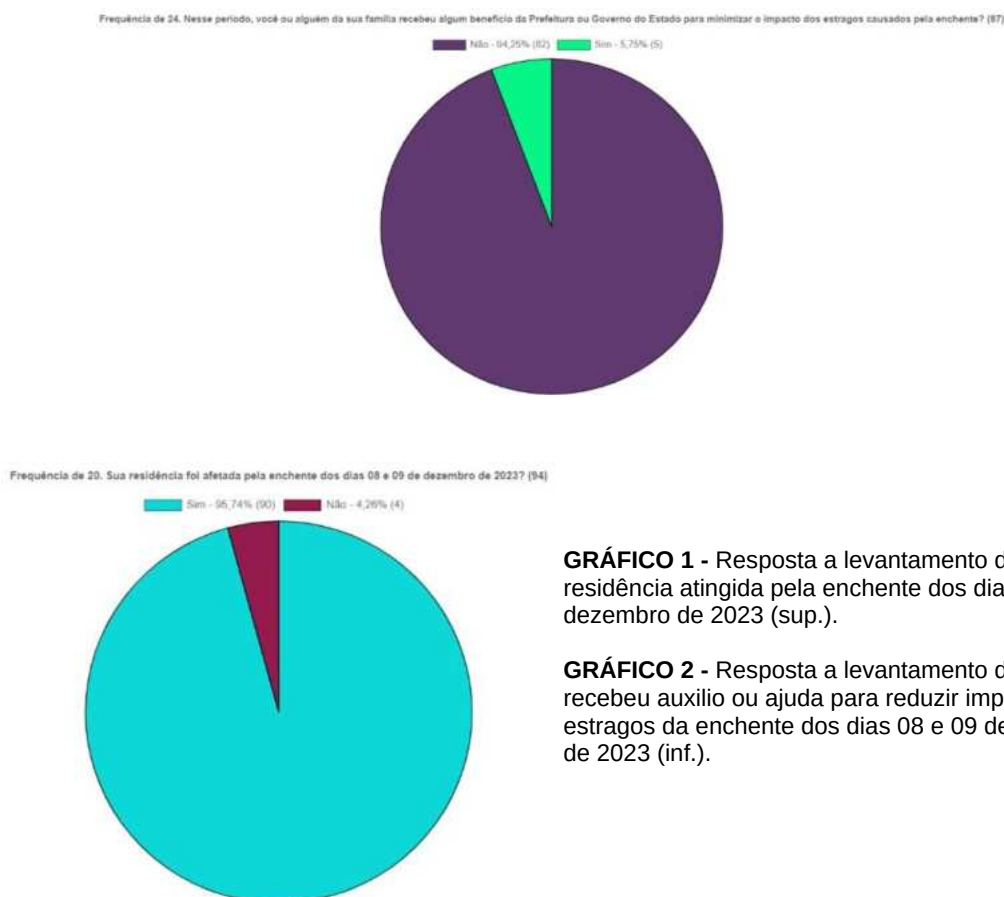


GRÁFICO 1 - Resposta a levantamento de quem teve residência atingida pela enchente dos dias 08 e 09 de dezembro de 2023 (sup.).

GRÁFICO 2 - Resposta a levantamento de quem recebeu auxílio ou ajuda para reduzir impacto dos estragos da enchente dos dias 08 e 09 de dezembro de 2023 (inf.).

Como desdobramentos a partir dos levantamentos e das reuniões realizadas, a defesa civil instalou posto pluviométrico (Figura 4), monitorado pela comunidade, bem como formou-se um grupo de monitores voluntários comunitários e não comunitários que vem sendo capacitados por técnicos da defesa civil no sentido de atuação em caso de novas ocorrências.



FIGURA 4 - A Defesa Civil de Angra instalou um pluviômetro semiautomático na comunidade quilombola do Bracuí, com este equipamento os moradores poderão auxiliar sua Defesa Civil no monitoramento do volume de chuva em sua localidade e ficarão informados se existe ou não risco de transbordamento de rios e deslizamentos de encosta. Acervo dos autores.

CONCLUSÕES

Diante do exposto se torna evidente a necessidade da participação popular no processo de gestão de riscos, essa participação deve ser ao longo do processo, compreendendo as contribuições que os conhecimentos locais na resolução das dificuldades e problemas que elas enfrentam em seu cotidiano. Tulloch e Shapiro (2003) apontam a importância da participação e do acesso para a elaboração de SIGs participativos, no contexto da gestão de riscos, não se pode continuar preso a uma lógica que enxerga os agentes públicos como detentores de todas as respostas e únicos que devem agir na elaboração de planos de risco, mas deve-se levar em conta a contribuição que as comunidades têm no que tange os riscos a que estão expostos.

A articulação com a comunidade pode nem sempre trazer resultados em um primeiro momento, devido a desconfiança dos comunitários ou não compreensão da temática, neste contexto, deve ser enxergado um processo de longo prazo, que precisa continuamente conscientizar e mobilizar os comunitários para agirem de forma ativa em todo o processo de gestão de risco. Outra dificuldade se dá no que tange a aceitação das pessoas de que elas estão sujeitas ao risco, ou seja, fundamental quebrar o estigma que o risco traz, muitas vezes isso se dá devido a falta de alternativas, aceitar que mora em um local de risco para grande parte da população significa não ter outro local para ir, estar sujeito a em um desastre perder tudo, o que mostra o caráter desigual e excludente da ocupação do solo no Brasil, onde as pessoas com menos recursos são muitas vezes as mais afetadas pelos desastres naturais.

Logo a busca de soluções passa pela compreensão de que a população é fundamental em todo o processo de gestão de riscos, é fundamental que as comunidades possam contribuir ativamente para a elaboração em conjunto com o poder público e seus agentes, suprimindo assim dificuldades inerentes como a não compatibilidade dos planos de gestão de risco com a comunidade. Outro ponto é a compreensão do processo de Gestão de Riscos como um processo contínuo, isto é, um processo que não tem um fim propriamente dito, mas se reinicia constantemente, afinal, os riscos estão sujeitos a modificações e dificilmente podem ser eliminados completamente, dessa forma a concepção de uma gestão de riscos participativa, que seja passível de modificações e atualizações conforme as necessidades dos comunitários é fundamental.

Por fim, embora o papel dos agentes públicos ser importante na gestão de riscos, por si só os agentes públicos não são capazes de lidar de forma eficaz com os riscos, pois ignoram aspectos que muitas vezes dependem da participação dos comunitários, que trazem uma nova perspectiva a gestão de riscos, passando de processos formalmente técnicos e que desconsideram problemas diários que as comunidades enfrentam, e dessa forma contribuindo para a criação de uma abordagem mais holística e que seja mais efetiva na prevenção dos riscos. A participação é um processo complexo e que abrange diversos níveis diferentes com múltiplos prós e contras, entretanto, para uma iniciativa de uma gestão de risco que seja realmente eficaz é de suma importância que aqueles que estão sujeitos aos riscos possam participar, tendo acesso a elaboração, planejamento, produtos e etc. Os comunitários devem deixar de ser vistos como meros agentes passivos na gestão de risco, mas sim como agentes ativos e que podem trazer contribuições para o processo de gestão de risco.

Diante da grande frequência dos eventos extremos de chuva e as perdas e danos associados aos desastres, torna-se cada vez mais necessário pensarmos em como podemos encaminhar uma gestão de riscos de base territorializada, por meio da articulação entre ciência e as comunidades em riscos. O trabalho que vem sendo desenvolvido na comunidade do Bracuí associado ao uso da geoinformação à serviço de modelos de gestão participativa tem grandes potencialidades para encaminhar uma gestão mais efetiva e articulada com as comunidades expostas aos riscos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANTAS, M.E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM. Serviço Geológico do Brasil, 2000.
- FERREIRA, D.A.L.; FREITAS, M.J.C.C. Participação popular na prevenção e enfrentamento de desastres ambientais: resultado de um estudo piloto em Santa Catarina, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica, II Semestre 2011, p. 1-17, 2011.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820710>
- FREITAS, L.E.; COELHO NETTO, A.L. Gestão de riscos de desastres e participação popular: lições aprendidas e a relevância da educação para a consolidação da rede de gestão de riscos da Bacia hidrográfica do Córrego D'Antas (REGER-CD), Nova Friburgo/RJ. **Giramundo**, Rio de Janeiro. v. 4, n. 7, p. 89-101, jan./jun. 2017.
- GONZALEZ, A.; GILMER, A.; FOLEY, R. Technology-aided participative methods in environmental assessment: An international perspective. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 32, p. 303–316, 2008.
- SANTOS, B. de S. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. **Novos estudos CEBRAP**, p. 71-94, 2007.
- TULLOCH, D. L.; SHAPIRO, T.; The Intersection of Data Access And Public Participation: Impacting GIS Users' Success? **URISA Journal**, v. 15. p. 55-60. 2003.

CAPÍTULO 12

ANÁLISE DE POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DO PROJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA “DIG - UMA PROPOSTA DE DISSEMINAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NA GEOGRAFIA”

Vivian Castilho da Costa¹

Vitor Ottoni Pastore²

Karen Nicolay de Oliveira¹

Guilherme Requieli Martins¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Departamento de Geografia Física. Rua São Francisco Xavier, 524, sl. 4002-B. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. vivianuerj@gmail.com; karennicolay13@gmail.com; guirequiel@gmail.com.

2. Fundação de Apoio à Escola Técnica - Escola Técnica Estadual Ferreira Viana. Rua General Canabarro, 291, Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. pastorevo@gmail.com.

RESUMO

A demanda por recursos digitais no mercado de trabalho e na pesquisa acadêmica tem crescido nas primeiras décadas do século XXI, impulsionando o desenvolvimento de projetos de extensão universitária, tal como dedicados à disseminação de Geotecnologias em escolas de Ensino Fundamental e Médio, como no Projeto DIG-UERJ. Este estudo tem como objetivo analisar a aplicação do projeto DIG-UERJ, levantando suas potencialidades e limitações e relações com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). A metodologia de elaboração do projeto de extensão DIG-UERJ vem cumprindo as seguintes etapas: a primeira etapa foi exclusivamente virtual, tendo como início julho de 2020, e foi composta por palestras, promovendo a participação de pessoas interessadas por essas tecnologias, e a elaboração de curso on-line, que, apesar do alto interesse de participação, teve uma taxa de conclusão abaixo da esperada. Na segunda etapa, iniciada em 2024, o DIG-UERJ adentra escolas para realizar a capacitação de professores e estudantes bolsistas, favorecendo a disseminação de tecnologias úteis para estudos acadêmicos e o mercado de trabalho. Diversas habilidades dos PCN podem ser desenvolvidas com o DIG-UERJ, a serem avaliadas nas próximas etapas do projeto.

Palavras-chave: geotecnologias; educação; geografia.

ABSTRACT

The demand for digital resources in the job market and in academic research has grown in the first decades of the 21st century, driving the development of university extension projects, such as those dedicated to the dissemination of Geotechnologies in elementary and high schools, such as the DIG Project-UERJ. This study aims to analyze the application of the DIG-UERJ project, surveying its potential and limitations and relationships with the National Curricular Parameters. The methodology for preparing the DIG-UERJ extension project has been completing the following stages: the first stage was exclusively virtual, starting in July 2020, and consisted of lectures, promoting the participation of people interested in these technologies, and the elaboration online course, which despite the high interest in participation, had a lower-than-expected completion rate. In the second stage, starting in 2024, DIG-UERJ enters schools to train teachers and scholarship students, favoring the dissemination of useful technologies for academic studies and the job market. Several skills from the National Curricular Parameters can be developed with DIG-UERJ, which can be evaluated in the next stages of the project.

Keywords: geotechnologies; education; geography.

INTRODUÇÃO

O crescente acesso aos meios digitais na sociedade, principalmente, impulsionadas pelo avanço das tecnologias informacionais, tem levado a demandas por ciência e conhecimento por estudantes, que passam a interagir e aprender com dinamismo (Machado, 1991). Dessa maneira, os alunos e os professores podem atuar de maneira ativa, criativa e crítica, enriquecendo o ambiente educacional e tornando-o mais interessante para todos envolvidos (Moran, 1995).

O Programa Nacional de Tecnologia Educacional (MEC, 1997) foi destacado pelo Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.BR, 2016) e por Mota dos Santos, Santos e Silva (2024), como um marco a partir de meados da década de 1990, sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação na educação, sendo aplicado na Educação Básica, a partir do Decreto nº 6.300 (Brasil, 2007).

Nesse contexto, os professores de Geografia na Educação Básica podem aplicar no ensino, técnicas e abordagens sofisticadas para estudos ambientais e do espaço geográfico, como as geotecnologias (Silva, Zucherato, Peixoto, 2021), que são definidas como “o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica” (Rosa, 2005, p. 81), assim como as geotecnologias estão relacionadas às geociências, que podem subsidiar pesquisas, planejamentos, gestão, manejos e outros aspectos considerados na estruturação do espaço geográfico (Fitz, 2008).

Dentre as geotecnologias e os conceitos fundamentais aplicados nessas técnicas, a cartografia, o geoprocessamento, os sistemas de informação geográfica (SIG), o sensoriamento remoto (SR) e os sistemas de navegação por satélites (GNSS) foram destacados por Silva, Zucherato e Peixoto (2021), por proporcionarem informações para alunos do Ensino Fundamental (EF) sobre o espaço geográfico, recursos naturais e as ações antrópicas, quando aplicadas didaticamente e de forma planejada.

Segundo Mota dos Santos, Santos e Silva (2024), as discussões sobre conservação de recursos naturais são urgentes para atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, que indicaram a aplicação desses conceitos com o uso de geotecnologias. Cabe ressaltar que as geotecnologias permitem analisar a Terra, em diferentes escalas espaciais e temporais (Santos, 2002), permitindo maior conhecimento do lugar de vivência (Sousa, Jordão, 2015).

Diversos projetos de extensão universitária estão sendo desenvolvidos, a fim de introduzir práticas e conceitos de cartografia e geotecnologias no Ensino Básico (Silva, 2012; Sousa, Di Maio, 2012; Brasil et al., 2017; Santos, Franco, Flavio, 2020; De Paula, Albuquerque, 2021; Pontes, Campos, Carvalho, 2018; Mota dos Santos, Silva, Silva, 2024; Sousa et al., 2024), tendo, em comum, a avaliação do aprendizado, após oficinas com geotecnologias e a indicação de seus potenciais e limitações.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de geografia (Brasil, 1998), os docentes devem desenvolver soluções que estimulem o interesse e a imaginação dos estudantes, como a partir da utilização de Geotecnologias (Sousa et al., 2024), despertando a criatividade dos alunos e obtendo maior eficácia no processo de ensino-aprendizagem. Conforme os PCNs, a Geografia deve:

recorrer a diferentes linguagens para tornar o processo de ensino aprendizagem mais significativos: a Geografia trabalha com imagens, recorre a diferentes linguagens na busca de informações e como forma de expressar suas interpretações, hipóteses e conceitos. Pede uma cartografia conceitual, apoiada em fusão de múltiplos tempos e em linguagem específica, que faça da localização e da espacialização uma referência da leitura das paisagens e seus movimentos. (Brasil, 1998, p. 113)

Cabe ressaltar que a “cartografia é uma forma de comunicação que transmite uma visão de mundo” (Santos, Franco, Flavio, 2020, p. 8) que “contribui não apenas para que os alunos venham a compreender e utilizar uma ferramenta básica da Geografia, os mapas, como também para desenvolver capacidades relativas à representação do espaço” (MEC, 2001, p. 118).

Goergen (1998) indicou que a universidade e a sociedade podem se relacionar através de projetos de extensão, que além de melhorias para os participantes, pode aprimorar o próprio projeto de extensão. As contribuições de Di Maio (2004) destacaram aspectos dos PCNs, que podem ser abordados em projetos de extensão com geotecnologias, complementando com avaliação de potencialidades e limitações da implementação dessas atividades, em escolas de ensino médio (EM) da rede pública.

Assim, este estudo tem como objetivo analisar a aplicação do projeto de extensão denominado “DIG- Uma proposta de disseminação do geoprocessamento no ensino de geografia” (DIG-UERJ), cadastrado no Departamento de Extensão (DEPEXT-PR-3), na Universidade do Rio de Janeiro (UERJ), que propõe disseminar recursos geotecnológicos, como ferramenta didática em instituições de ensino (público e privado), para estimular o ensino-aprendizado dos conteúdos programáticos e curriculares, além de propor aplicações profissionais. Nessa análise, foram levantadas as potencialidades e limitações do uso de geotecnologias, em aulas de geografia no ensino fundamental (EF), além das relações do projeto DIG-UERJ com os PCNs.

METODOLOGIA

A primeira etapa metodológica do projeto DIG-UERJ foi desenvolvida por bolsistas de extensão, pela equipe técnico-científica do Laboratório de Modelagens Espaciais (LABMODEL), do Instituto de Geografia da UERJ (IGEOG/UERJ), pós-graduandos, professores do curso de Licenciatura em Geografia do CEDERJ-UERJ, professores do Ensino Médio Técnico da FAETEC (em Meio Ambiente e Biologia), professores de escolas da rede pública municipal e estadual do Rio de Janeiro, assim como um professor convidado da Universidade Federal da Bahia (UFBA), além da troca de informações com outros alunos e professores internos da UERJ.

Nesta primeira etapa do projeto DIG-UERJ, foram realizadas lives/palestras sobre Geotecnologias disponibilizadas no Canal YouTube do projeto (<https://www.youtube.com/@DIGUERJ>). Também foi criado um curso de ensino a distância no Google Sala de Aula, com materiais voltados para a implementação no ensino de Geotecnologias nas escolas, como aplicações de Google Earth Pro, GNSS e A-GPS para mobiles - Wikiloc, SIG livre - QGIS, OpenStreetMap (OSM) - plataforma de mapeamento colaborativo, aplicativos de RA e RV, jogos eletrônicos, entre outras. A divulgação das lives/palestras, dos cursos e notícias do DIG-UERJ foi realizada nas redes e mídias sociais do projeto, a exemplo do blog (<https://digeouerj.wordpress.com>), dos perfis no Instagram (<https://www.instagram.com/digeouerj>) e Facebook (<https://www.facebook.com/diguerj/>), além de email (digeouerj@gmail.com).

Com apresentações de palestras online pelo canal “DIG UERJ” (DIG-UERJ, 2024) na plataforma de vídeos YouTube e do curso online “Geotecnologias aplicadas ao ensino de Geografia” pela plataforma Google Sala de Aula (DIG-UERJ, 2022), o Projeto DIG-UERJ desenvolveu sua primeira etapa.

Após as lives transmitidas através do perfil do DIG-UERJ no YouTube, foram disponibilizados vídeos na mesma plataforma com os temas: Construção de maquetes em impressão 3D e Realidade Aumentada; Percepção de risco e vulnerabilidade com uso de Geotecnologias para alunos do Ensino Médio (EM); Aplicações das Geotecnologias no ensino da Geografia; O ensino da Geografia através dos jogos eletrônicos; O uso de drones como ferramenta de aprendizagem; A Cartografia Escolar Inclusiva na formação do professor de Geografia; Geoprocessamento e Geoconservação: aplicações no ensino de Geografia e educação ambiental; Modelos Digitais de Elevação em Ambiente SIG: aplicações na Geografia Física; Como abordar o aquecimento global com recursos tecnológicos no ensino da Geografia; Introdução aos interpoladores, conceitos e aplicabilidades no ArcGIS; e Obtenção, tratamento e classificação de imagens de SR de acesso livre no ArcGIS e QGIS.

A Diretoria de Comunicação da UERJ (2024) divulgou a participação do professor Danilo Heitor Melo, do Instituto de Geociências da UFBA no DIG-UERJ, destacando que:

Os especialistas explicarão como as práticas pedagógicas no ensino de Geografia podem explorar as potencialidades das tecnologias contemporâneas que, associadas à geotecnologia, como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas, permitem desenvolver uma grande diversidade de aplicações em sala de aula e conectá-la com outras áreas do conhecimento.

O Projeto DIG-UERJ nas escolas, atuando com professores nas unidades escolares para a disseminação das Geotecnologias, é o diferencial da segunda etapa do DIG-UERJ.

Procedimentos metodológicos

Foram analisadas características do projeto DIG-UERJ, levantando potencialidades e limitações da primeira fase metodológica, na qual foram realizadas palestras on-line e o curso on-line “Geotecnologias aplicadas ao ensino de Geografia” voltado para docentes de redes pública e privada de Ensino Básico e Superior.

Posteriormente, foram consultados PCNs relacionados à Geotecnologias e Geoprocessamento, temas principais do projeto DIG-UERJ. Por fim, foram indicadas potencialidades para os participantes das instituições de ensino, no desenvolvimento da segunda etapa do projeto.

RESULTADOS

Potencialidades da primeira etapa

Os estudantes e profissionais da equipe do DIG-UERJ, na primeira etapa do projeto, contribuíram com conhecimentos sobre práticas e utilização das Geotecnologias na formação de Geografia, tal como na elaboração de material didático, proporcionando aos participantes do projeto, o contato com recursos didáticos e tecnológicos por plataformas virtuais, cada vez mais presentes na vida profissional e acadêmica.

As palestras on-line e o curso de extensão promoveram a formação de estudantes - alunos do curso de Licenciatura em Geografia - e professores de EF, EM e Ensino Superior em geografia. Incentivaram o conhecimento de conceitos e métodos inovadores de aplicação das geotecnologias no ensino de geografia, como a criação de modelos topográficos de superfície, em tempo real, pelos próprios alunos, e noções de cartografia geral e de outras temáticas. Com a utilização desses recursos de topografia, que tem como base a realidade aumentada (RA), é possível oferecer para as instituições de ensino e a iniciativa privada, oportunidades e parcerias em projetos que utilizem geotecnologias. São diversas aplicações possíveis das geotecnologias, como no estudo de aspectos físicos e sociais do planeta, voltados para questões de desmatamento, mudanças climáticas, geopolítica, ecologia da paisagem, entre outros temas ambientais.

Tendências que estão sendo exploradas como produtos de ensino das geotecnologias pelo DIG-UERJ são os usos de realidade virtual (RV), RA, Google Earth Pro e drones (VANTs), o georreferenciamento por GPS/GNSS, os jogos eletrônicos (*games*) e os mapeamentos colaborativos/participativos. Quanto à última aplicação, a coordenadora do DIG-UERJ integra a equipe do capítulo YouthMappers da UERJ, que em conjunto às demais desenvolvidas no projeto, poderão gerar transformações sociais, contribuindo com a formação de futuros professores de geografia e a capacitação de professores em atividade.

Esses instrumentos de capacitação permitem com que os alunos interajam integrados a recursos tecnológicos de forma produtora, lúdica e estejam conectados com diferentes lugares do mundo, trazendo a experiência da localização e análise geográfica mais próxima ao estudo das relações e transformações socioespaciais, além da interação sociedade com a ciência cidadã. O maior impacto do DIG-UERJ deve-se à produção e difusão de metodologias inovadoras sobre cartografia digital e geotecnologias, com uso do Google Earth Pro, Google Maps, OSM, aplicativos de mobile, a exemplo do Wikiloc, e do LandscapeAR (relevo em RA). O mapeamento participativo e colaborativo também será abordado em aulas que estão sendo preparadas, a fim de fazer parte do conteúdo didático do curso de extensão do projeto, além de novas *lives* a serem realizadas na segunda etapa.

Limitações da primeira etapa

As palestras e os vídeos disponíveis na plataforma YouTube, a partir de julho de 2020, podem ser mais divulgadas e aprimoradas em outras etapas do DIG-UERJ, estimulando a troca de experiências e informações entre os membros do projeto e demais participantes.

No primeiro treinamento do curso online, dos 20 alunos cadastrados em 2022, apesar da maioria consultar materiais e executar algumas práticas, cinco entregaram as atividades previstas e somente quatro completaram todas as atividades para conclusão do curso. Esse baixo comprometimento levou ao DIG-UERJ replanejar o projeto, originando a segunda etapa.

Capacitação em Geotecnologias e os PCNs

Considerando os objetivos do curso e suas aplicações, não há menção de geotecnologias ou geoprocessamento de forma direta nos PCNs de geografia para o terceiro (5ª e 6ª) e o quarto (7ª e 8ª) ciclos do EF e para o EM. Nos PCNs do EF, há sugestão de atividades e *softwares* como o SimCity - um simulador de cidades, que pode ser utilizado para entender e aplicar conceitos de planejamento urbano, além de Excel e Access, que podem ser usados para interpretar e comparar dados geográficos com SIG. Essas ferramentas são apenas um ponto de partida, indicando que há espaço para a inclusão de geotecnologias, de forma mais sistemática e integrada ao currículo escolar.

Apesar disso, diversas competências elencadas nos PCNs podem ser desenvolvidas a partir do DIG-UERJ, como as relacionadas à representação e comunicação, investigação e compreensão, e contextualização sociocultural (Di Maio, 2004). E ainda, alunos do EM, teoricamente, têm condições de compreender os três níveis de análise cartográfica: análise/localização, correlação e síntese (Simielli, 1999); e diversos temas e subtemas dos eixos temáticos listados nos PCNs da geografia: a dinâmica do espaço geográfico; o mundo em transformação: as questões econômicas e os problemas geopolíticos; o homem criador da paisagem/modificador do espaço; e o território brasileiro: um espaço globalizado (MEC, 2002, p. 65). Esses eixos podem ser abordados em projetos de extensão com geotecnologias (Di Maio, 2004).

Posteriormente, a implementação do projeto DIG-UERJ em unidades escolares da rede pública (segunda etapa) poderá ser avaliada de acordo com os PCNs, indicando habilidades desenvolvidas em cada etapa do projeto, como proposto por Calderan (2022). Esse enriquecimento de ensino-aprendizagem, habilidades e análises geoespaciais reforçam a viabilidade e benefício da capacitação de alunos e professores, sobretudo, num contexto de mercado de trabalho e de vida acadêmica, cada vez mais tecnológicos e diferentes do final da década de 90 e início dos anos 2000, quando foram publicados os PCNs.

Potencialidades da segunda etapa do DIG-UERJ

A participação de estudantes bolsistas de programas de Pré-Iniciação Científica, como da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), nas escolas participantes, poderá levar aos alunos da Educação Básica, uma base de conhecimento e prática em Geotecnologias, de modo a

subsidiar projetos nas escolas e contribuir para a formação de futuros profissionais de Educação e áreas técnicas e científicas. A própria FAPERJ possui uma linha de edital voltada à elaboração de materiais didáticos, que podem ser implementados no projeto DIG-UERJ, por meio da publicação de e-books sobre Geotecnologias, a serem empregados por professores e utilizados por alunos em sala de aula no EF, que podem ser implementados nas escolas públicas e privadas, como um reforço educacional para as aulas de geografia, atendendo, portanto, aos temas e subtemas dos PCNs.

A continuidade do curso de extensão deve ser perseguida, aliado ao uso dos materiais didáticos empregados por ensino à distância e a possibilidade de preparação de *e-book*, que poderão estar conectados aos meios de divulgação por mídias digitais do projeto DIG-UERJ, já que se mostraram eficientes na primeira etapa implementada.

A parceria da iniciativa privada nos setores da educação voltados ao ensino de Geotecnologias não foi descartada pelo DIG-UERJ, principalmente quando associadas ao uso de softwares, hardwares, aplicativos e equipamentos, como drones - veículos autônomos não tripulados (VANTS), RAs e RVs, SIG, entre outros. Essa participação é almejada na segunda etapa do projeto.

CONCLUSÕES

Com as geotecnologias, cada vez mais, fazendo parte da vida cotidiana e do mercado do trabalho, com grande impacto positivo no aprendizado, alunos de graduação e docentes de Licenciatura em Geografia, assim como professores e seus alunos, de diversas áreas, que já atuam nas instituições de Ensino Fundamental, Médio e Superior, podem aprimorar suas atividades, fixar, reciclar e aproximar-se dos conceitos e práticas das geotecnologias, assim como, nos cursos de capacitação. O aumento da demanda pelo ensino à distância vem proporcionando a oportunidade de promover cursos extensionistas. Portanto, o impacto social da disseminação de conhecimento e na preparação de jovens e adultos está crescendo a partir do uso das tecnologias da informação.

O uso de geotecnologias na capacitação de docentes ajuda a aproximar o ensino de geografia à realidade, proporcionando uma abordagem dinâmica, prática e contextualizada no aprendizado mais eficiente, seguindo o que preconizam os PCNs do EF e do EM, que abordam a integração da sociedade com a natureza. Essas ferramentas podem ser utilizadas como mediação para conectar os conceitos geográficos abstratos e a realidade tangível do ambiente. Dessa forma, o SR é uma tecnologia que permite analisar fenômenos geográficos, como uso da terra, desmatamento e urbanização (Portocarrero, Conceição, Costa, 2018). No contexto escolar, podem ser analisadas as problemáticas e a criticidade de cada localidade da instituição, partindo de reconhecimento de padrões ou monitoramento de mudanças em áreas de interesse. É preciso democratizar o uso desses conhecimentos e aplicações, para que os alunos possam reconhecer a importância do uso de Geotecnologias no seu dia-a-dia, com o professor incentivando essa associação.

O SIG permite visualizar e interpretar dados geográficos, possibilita que alunos criem mapas interativos, realizem análises espaciais e busquem possíveis soluções geográficas, em relação a recursos naturais, planejamento urbano, bacias hidrográficas e distribuição populacional. Também permite compreender conceitos de localização, distribuição, padrões espaciais e interconexões, enquanto entram em contato com a habilidade prática de tecnologias geoespaciais. Ao pensar em aplicação de geoprocessamento e geotecnologias em uma escola, a possível realidade de divergências socioeconômicas, institucionais e entre os próprios alunos, deve ser considerada. Por isso, aplicativos de geolocalização, disponíveis para celulares, podem ser alternativas mais democráticas de acesso, assim como a criação ou interação com mapas digitais, que visem mapeamento colaborativo e participativo - como no Wikiloc e o OSM, no projeto YouthMappers, que podem ser utilizados em trabalhos de campo de geografia e outras áreas. Utilizando esses aplicativos, os alunos participam ativamente da coleta de dados, da análise espacial e do repasse de informações, de forma mais independente e dentro de seus entendimentos sobre suas vivências.

Integrar estudantes com profissionais da Geografia, para aprimoramento da sua formação, é essencial nos projetos extensionistas, a exemplo das ações do projeto DIG-UERJ. Assim, professores e alunos podem se beneficiar da disseminação de geotecnologias com aplicações acadêmicas, principalmente, na formação em Licenciatura e no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL - Presidência da República. Programa Nacional de Tecnologia Educacional - ProInfo. **Decreto nº 6.300, de 12 de dezembro de 2007**. <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=3&data=13/12/2007>
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais (5ª a 8ª séries)**. Geografia. Brasília: MEC/SEF, 1998. 156p.
- BRASIL *et al.* Geotecnologias no ensino da cartografia escolar no processo ensino-aprendizagem. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, v. 2, ed. Especial II, 2017. <https://doi.org/10.24219/rpi.v2i2.0.282>
- CALDERAN, D.L. **Análise do uso de geotecnologias no ensino de geografia e uma proposta de aplicação no ensino médio**. 2022. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2022.
- DI MAIO, A. C. **Geotecnologias digitais no ensino médio: avaliação prática de seu potencial**. 2004. 188f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- DIG-UERJ. **DIG-UERJ: uma proposta de disseminação do geoprocessamento na geografia**. <https://www.youtube.com/c/DIGUERJ>
- DIG-UERJ. **Geotecnologias aplicadas ao ensino de Geografia**. 2022. (Curso) <https://classroom.google.com/u/0/c/MzY5MTUyODY0NTE5>
- FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.
- GOERGEN, P. Ciência, sociedade e universidade. **Educação & Sociedade**, v. 19, n. 3, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0101-73301998000200005>
- MACHADO, E.C. Informática no ensino de segundo grau: a experiência do Ceará. **Revista Educação em Debate**, Fortaleza, n. 21 e 22, p. 155-160, 1991. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/14167>
- MEC (Ministério da Educação e da Cultura). **ProInfo: Perguntas Frequentes**. <http://portal.mec.gov.br/escola-de-gestores-da-educacao-basica/152-programas-e-acoes-1921564125/proinfo-1460344698/236-proinfo-perguntas-frequentes>
- MEC (Ministério da Educação e da Cultura). **Parâmetros Curriculares Nacionais: História e Geografia**. Brasília: MEC/SEF, 3 ed., 2001. 166p.
- MEC (Ministério da Educação e da Cultura). **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências Humanas e suas Tecnologias**. Brasília, 2002, 104 p. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasHumanas.pdf>
- MORAN, J.M. Novas tecnologias e o reencantamento do mundo. **Tecnologia Educacional**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 126, p. 24-26, 1995.
- MOTA DOS SANTOS, A.; SANTOS, A.C.; SILVA, E.B. Geotecnologias na escola: experiência de extensão universitária para o ensino. **Revista Extensão**, v. 8, n. 1, p. 156-164, 2024. <https://revista.unitins.br/index.php/extensao/article/view/8269>
- NIC.BR (Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR). **Educação e tecnologias no Brasil: um estudo de caso longitudinal sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação em 12 escolas públicas**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2016. 109p. <https://nic.br/media/docs/publicacoes/7/EstudoSetorialNICbrTICEducacao.pdf>
- PAULA, E.M.S.; ALBUQUERQUE, E.L.S. (org.). **Geografia física e geotecnologias: propostas de ensino-aprendizagem**. Porto Alegre: Fi, 2021. 171p. <https://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/938>

- PONTES, E.T.M.; CAMPOS, G.S.; CARVALHO, A.B. Geotecnologias, Cartografia Digital e Geoprocessamento aplicados ao ensino de Geografia e disciplinas afins: uma experiência de extensão no semiárido cearense. **GeoFocus - International Review of Geographical Information Science and Technology**, v. 21, p. 145-167, 2018. <https://doi.org/10.21138/GF.570>
- PORTOCARRERO, H.; CONCEIÇÃO, R.; COSTA, V.C. **Geoprocessamento**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 1. ed., 2018. 375 p. <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/17064>
- ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>
- SANTOS, A.M.; FRANCO, T.F.; FLAVIO, G.S. Relato das experiências pedagógicas em Cartografia Digital no Ensino Médio através da Extensão Universitária. **Expressa Extensão**, v. 25, n. 3, p. 5-19, 2020. <https://doi.org/10.15210/ee.v25i3.17957>
- SANTOS, N.T.; HAYASHI, S.N.; SOUSA, J.V. (org.). **Extensão universitária interdisciplinar: caminhos percorridos pelo Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental**. Belém: RFB, 2021. 136p.
- SANTOS, V.M.N. O uso escolar do Sensoriamento Remoto como recurso didático pedagógico no estudo do Meio Ambiente. In: SANTOS, V. M. N. **Curso de Uso do Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente**. São José dos Campos: INPE, 2002. p. 1-15. <http://mtc-m12.sid.inpe.br/archive.cgi/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.24>
- SILVA, F. G. **Geotecnologias no ensino de geografia: livros didáticos e práticas educativas para o ensino médio em Feira de Santana, BA**. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2012.858009>
- SILVA, V. O.; ZUCHERATO, B.; PEIXOTO, D.W.B. A Importância das Geotecnologias Para a Educação Básica. **Revista Geoaraguaia**, v. 11, n. Especial, p. 202-226, 2021. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/12766>
- SIMIELLI, M.E.R. Cartografia no ensino fundamental e médio. In: CARLOS, A.F.A. (org.). **A Geografia na Sala de Aula**. São Paulo: Contexto, 1999. p. 92-108.
- SOUSA, I.B.; DI MAIO, A.C. Geotecnologias no Ensino Básico: um estudo de caso junto aos professores da rede pública de ensino do Rio de Janeiro. **Revista Tamoios**, v. 8, n. 2, 2012. <https://doi.org/10.12957/tamoios.2012.4507>
- SOUSA, I.B.; JORDÃO, B.G.F. Geotecnologias como recursos didáticos em apoio ao ensino de Cartografia nas aulas de Geografia do Ensino Básico. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 53, p. 150-163, 2015. <https://doi.org/10.14393/RCG165327157>
- SOUSA, L.T. et al. Geotecnologias como subsídio para o ensino de Geografia nas escolas da rede pública do Vale do Jiquiriçá (BA). **Revista Geonorte**, v. 15, n. 49, p. 14-25, 2024. <https://doi.org/10.21170/geonorte.2024.V.15.N.49.14.25>
- UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro). Diretoria de Comunicação. **Aplicações das geotecnologias no ensino da Geografia**. 2022. <https://www.uerj.br/agenda/21413>

CAPÍTULO 13

APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS E O USO DAS GEOTECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO GEOGRÁFICA: O SOFTWARE QGIS COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA A GERAÇÃO DE JOGOS QUE AUXILIEM NO ENSINO DE GEOGRAFIA

José Lucas Gomes Barbosa¹

Elias dos Santos Silva²

Joyce Carla Pereira Gomes²

Rafael Albuquerque Xavier¹

1. Universidade Estadual da Paraíba – UFPB. Departamento de Geografia. Campina Grande. Paraíba. lucasgeografia27@gmail.com; rafaelxavier@servidor.uepb.edu.br.

2. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Departamento de Geociências. João Pessoa. Paraíba. eliasgeosantos@gmail.com; jcarla637@gmail.com.

RESUMO

O presente artigo objetiva discutir a importância da aprendizagem baseadas em jogos no ensino de geografia. A partir da revisão bibliográfica, descreveremos a importância das geotecnologias na educação e como o geoprocessamento pode ser utilizado para a geração de jogos didáticos que possibilitem uma aprendizagem significativa sobre uma base cartográfica. Inicialmente, consideramos que a utilização do geoprocessamento pode ser incorporada no dia a dia dos alunos, rompendo os muros dos laboratórios universitários, e transformando-se em ferramenta para a geração de jogos didáticos que subsidiem o ensino de geografia, possibilitando ao aluno uma aprendizagem significativa. Para a geração dos jogos sobre uma base cartográfica, foi utilizado o software QGIS em sua versão 3.30. Conclui-se que a utilização do geoprocessamento é de suma importância para o ensino da Geografia no contexto escolar, pois esta proporciona ao professor uma gama de possibilidades e aplicações, ao mesmo tempo permite ao aluno fazer conexões, da teoria com a prática, entendendo o espaço físico e cultural ao qual está inserido. O SIG QGIS é um *software* livre, que permite ao professor levar o geoprocessamento, de forma didática e de baixo custo, para os alunos, durante as aulas, podendo ser utilizado tanto na produção de mapas, visualizações da cidade, por meio de imagens de satélites, como também na produção de jogos para a promoção da construção do conhecimento do aluno de forma ativa.

Palavras-chave: geotecnologias; geoprocessamento; ensino de geografia; domínio morfoclimático da Caatinga; aprendizagem baseada em jogos.

ABSTRACT

This article aims to discuss the importance of game-based learning in geography teaching. Based on a literature review, we will describe the importance of geotechnologies in education and how geoprocessing can be used to generate educational games that enable meaningful learning about a cartographic base. Initially, we believe that the use of geoprocessing can be incorporated into students' daily lives, breaking through the walls of university laboratories and becoming a tool for generating educational games that support the teaching of geography, enabling students to learn meaningfully. To generate the games on a cartographic base, QGIS software version 3.30 was used. The conclusion is that the use of geoprocessing is of paramount importance for teaching geography in the school context, as it provides teachers with a range of possibilities and applications, while at the same time allowing students to make connections between theory and practice, understanding the physical and cultural space in which they are inserted. The GIS QGIS is free software and allows teachers to bring geoprocessing to students in a didactic and low-cost way during lessons. It can be used both to produce maps and visualizations of the city using satellite images, as well as to produce games to promote the construction of student knowledge in an active way.

Keywords: geotechnologies; geoprocessing; geography teaching; Caatinga morphoclimatic domain; game-based learning.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vem crescendo a expansão e democratização das tecnologias da informação e comunicação, devido ao processo de globalização mundial, que permite uma maior troca de tecnologias, culturas e informações entre os países (Vaz, 2010). O século a qual vivenciamos, é o século da tecnologia, onde todos estão conectados, por meio da rede mundial de computadores, a cada instante, onde a informação é obtida em tempo real.

A informação chega mais rápido, em comparação aos séculos passados, e esse avanço das tecnologias da informação tem possibilitado aos usuários uma vida de conforto, devido aos vários aplicativos e *softwares*, que automatizam muitas atividades (Schwab, 2019). No entanto, essa democratização da informação e comunicação não atinge todos da mesma maneira, especialmente, nos países subdesenvolvidos e periféricos, que se encontram à margem do processo de globalização, onde se fazem crescentes as disparidades socioeconômicas (Santos, 2023).

Em países emergentes e subdesenvolvidos, a distribuição de renda é um problema, pois poucos têm muito e muitos possuem pouco, e, por isso, a grande parcela dos habitantes não possui acesso às novas tecnologias, a exemplo da internet (Schwab, 2019). Nesse contexto, as escolas são instituições importantes para oportunizar às populações marginalizadas, o contato com essas evoluções tecnológicas (Veiga, 2013).

A ciência geográfica sempre buscou se utilizar dessas ferramentas tecnológicas, a fim de ampliar as possibilidades de estudos e do processamento de dados, auxiliando assim o avanço da mesma. Na escola, a disciplina de geografia busca sempre atualizações para dinamizar as aulas e fomentar no aluno, um pensamento crítico e geográfico (Cavalcanti, 2019).

As geotecnologias surgem, portanto, para possibilitar a coleta de informações, a análise das mesmas e obter resultados precisos para as diversas ciências, entre elas, a geografia, seja ela em sua interface humana, física, cartográfica e, até mesmo, no ensino (Campinas et. al., 2021). O avanço das tecnologias propiciou à geografia, a implantação e o aperfeiçoamento das geotecnologias, a exemplo, os sistemas de informação geográfica (SIGs), a cartografia digital, o sensoriamento remoto por satélites (Rosa, 2005).

O geoprocessamento é uma atividade que se utiliza de diversas técnicas em busca da coleta de informações espaciais, tratamento das mesmas cujos resultados serão processamentos de imagens georreferenciadas (Rosa, 2005). A utilização do geoprocessamento permite a criação de mapas, cartas, composições e diversos produtos, que são utilizados em uma gama de aplicações, pois os resultados apresentam dados espaciais, temporais e dinâmicos.

O geoprocessamento está se tornando uma atividade constante, em sala de aula, sendo utilizado frequentemente pelos professores, pois o emprego do mesmo possibilita ao aluno uma aprendizagem significativa, visto as diversas aplicações que podem ser utilizadas (Campinas, 2021). Muitos desses professores buscam utilizar o geoprocessamento para mostrar aos alunos a dinâmica da paisagem urbana, por meio do Google Earth, e as temáticas físicas da geografia, deixando de lado outras possibilidades, como, por exemplo, os jogos.

Jogos são produtos interativos, cujo objetivo final é a vitória, neles, os jogadores buscam cumprir as metas e obedecer às regras, para atingir esse objetivo (Carvalho, 2015). Os jogos educativos, por sua vez, têm, como objetivo, a formação do indivíduo, deixando em segundo plano o entretenimento e a diversão, enfatizando como centro, o processo educacional e formativo do aluno (Zyda, 2005; Michael, Chen, 2006). O uso desses jogos na educação se torna eficaz, visto que os mesmos utilizam o conhecimento teórico prévio, a fim de que os alunos possam solucionar problemas e colocar em prática os conhecimentos adquiridos (Riyis, 2013).

O geoprocessamento permite aos alunos uma melhor compreensão dos padrões físicos, humanos, sociais, organizacionais e sistêmicos, entre os fenômenos geográficos, por meio da manipulação dos dados coletados e analisados, sejam de imagens de satélites ou de drones. Os jogos, por sua vez,

proporcionam aos alunos uma imersão nas situações geográficas elaboradas pelo professor, fomentando o desenvolvimento das habilidades individuais e coletivas dos discentes. Nesse sentido, como o emprego do geoprocessamento aliado à utilização de jogos em sala de aula podem contribuir para o ensino-aprendizagem nas aulas de geografia?

Diante desse questionamento, o presente artigo busca realizar um apanhado bibliográfico sobre a utilização do geoprocessamento, em sala de aula, e apresentar jogos, a fim de que sejam utilizados durante as aulas de geografia, jogos esses, produzidos em um ambiente SIG, visto que, para Piaget (1970), ao jogar, o aluno desenvolve suas estruturas mentais, o que corrobora para a um conhecimento prazeroso.

Os jogos são poucos explorados durante os anos finais do ensino fundamental e, especialmente, no ensino médio, e, por isso, esta pesquisa busca ampliar as possibilidades de jogos, com o emprego do geoprocessamento e contribuir para a discussão sobre o uso das geotecnologias no ensino da geografia, além de propor produtos e composições para serem utilizados em sala de aula. Por se tratar das primeiras discussões, delimitando este tema, empregando o uso do geoprocessamento para a criação de jogos e produtos didáticos, a mesma servirá de base para as futuras pesquisas e o aprofundamento sobre as possibilidades metodológicas, proporcionadas pelas geotecnologias e o geoprocessamento na educação.

METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa foram realizadas pesquisas bibliográficas em livros, páginas de Internet, revistas eletrônicas e periódicos, sobre as seguintes temáticas: aprendizagem baseada em jogos, geotecnologias na educação, geoprocessamento, *software* QGIS e ensino de geografia, com a finalidade de realizar um banco de dados para as consultas, antes de realizar a parte prática e após a realização da prática, para que fosse possível a redação desta pesquisa.

Após a realização da pesquisa bibliográfica e a construção do banco de dados temático, foi realizado, em laboratório, o trabalho prático, para a produção de jogos sobre uma base cartográfica com todos os elementos obrigatórios de um mapa, a saber: título, sistema de referência geodésico, projeção, escala, sistema de coordenadas, orientação e legenda.

CRIAÇÃO DOS JOGOS

Para a elaboração dos jogos, foi necessário utilizar o *software* QGIS, em sua versão 3.30, e seguir cinco passos, conforme descrito abaixo:

Passo 1: escolher uma área e um objeto de estudo (no caso desta pesquisa, será utilizado, como exemplo, os limites do domínio morfoclimático da Caatinga).

Passo 2: importar para o QGIS, os arquivos vetoriais e matriciais que serão utilizados, com foco na área de pesquisa em questão e temática, a ser utilizada, como exemplifica a Figura 1.

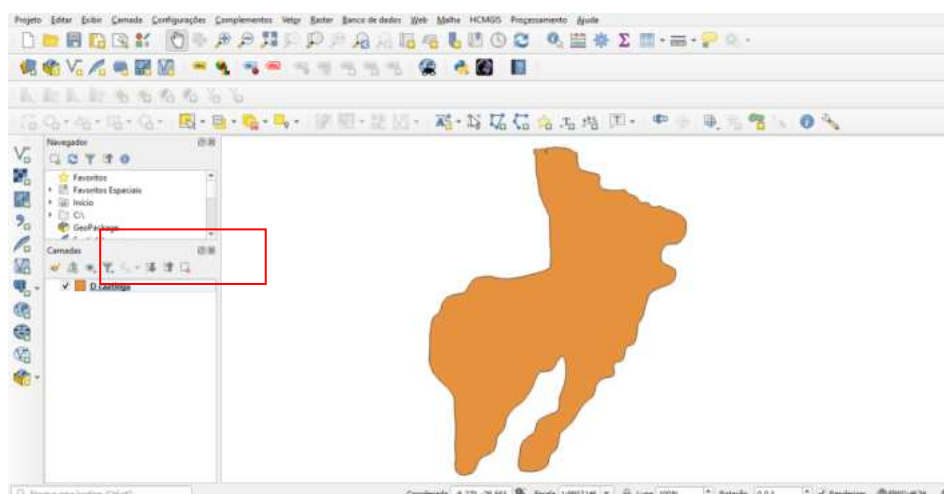


FIGURA 1 - Importação de arquivo vetorial para a área de trabalho do QGIS. Elaboração própria.

Passo 3: abrir o *layout* de impressão para a criação do jogo;

Passo 4: Utilizar todos os recursos possíveis da aba lateral esquerda do *layout* de impressão do QGIS para elaborar o melhor jogo possível (Figura 2). O resultado final do jogo vai depender da utilização dos pontos, das linhas e dos polígonos da melhor forma possível, para gerar um produto de qualidade;

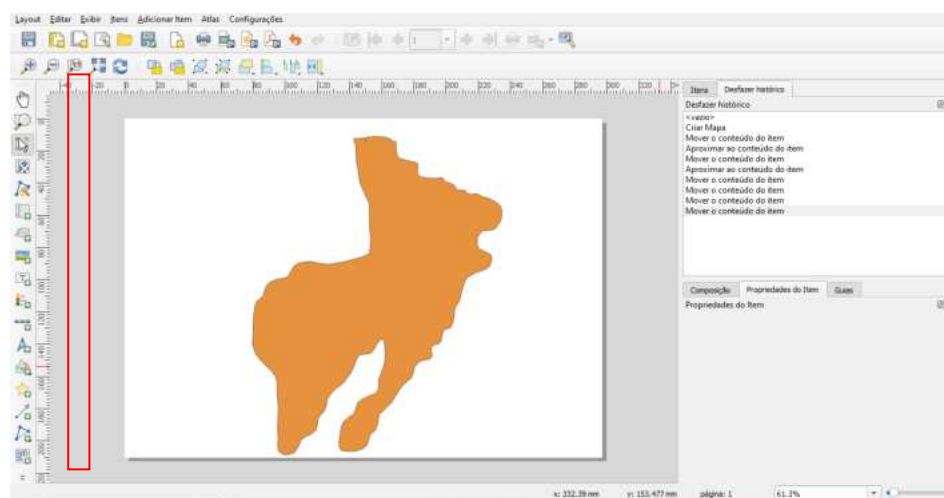


FIGURA 2 - *Layout* de impressão do software QGIS. Elaboração própria.

Passo 5: exportar o resultado final, como um arquivo de texto ou imagem.

RESULTADOS

Nos resultados desta pesquisa, apresentamos o sistema de informação geográfica (SIG) QGIS, livre e de código aberto, como uma possibilidade para a geração de jogos, que auxiliem no ensino de geografia. A proposta para utilização deste *software* não é meramente para a produção de jogos, mas jogos que coalizem o teórico com a prática, sendo um produto totalmente geográfico, mas que também pode ser utilizado em outros componentes curriculares.

A criação de jogos no QGIS permite de forma lúdica uma aprendizagem prazerosa e eficaz, além de permitir a coalizão da prática de dois ou mais conteúdos, que foram vistos previamente na teoria. Partindo de uma base cartográfica, é possível ensinar juntos, a cartografia e outros conteúdos.

Na Figura 3A, foi realizada a composição de um jogo sobre a fauna e flora do domínio morfoclimático da Caatinga. A partir desse jogo elaborado, é possível ensinar os seguintes conteúdos: fauna, flora e domínios morfoclimáticos, além de vários conceitos da cartografia, como escala, orientação, coordenadas geográficas, projeções cartográficas, fonte e outras possibilidades. Já na figura 3B, por meio de arquivos vetoriais e matriciais, foi possível realizar uma composição de um jogo, que, além de trazer possibilidades para os conceitos cartográficos, permite trabalhar os conteúdos de clima, vegetação e, principalmente, a paisagem do domínio morfoclimático da Caatinga, por meio da imagem contida no tabuleiro.

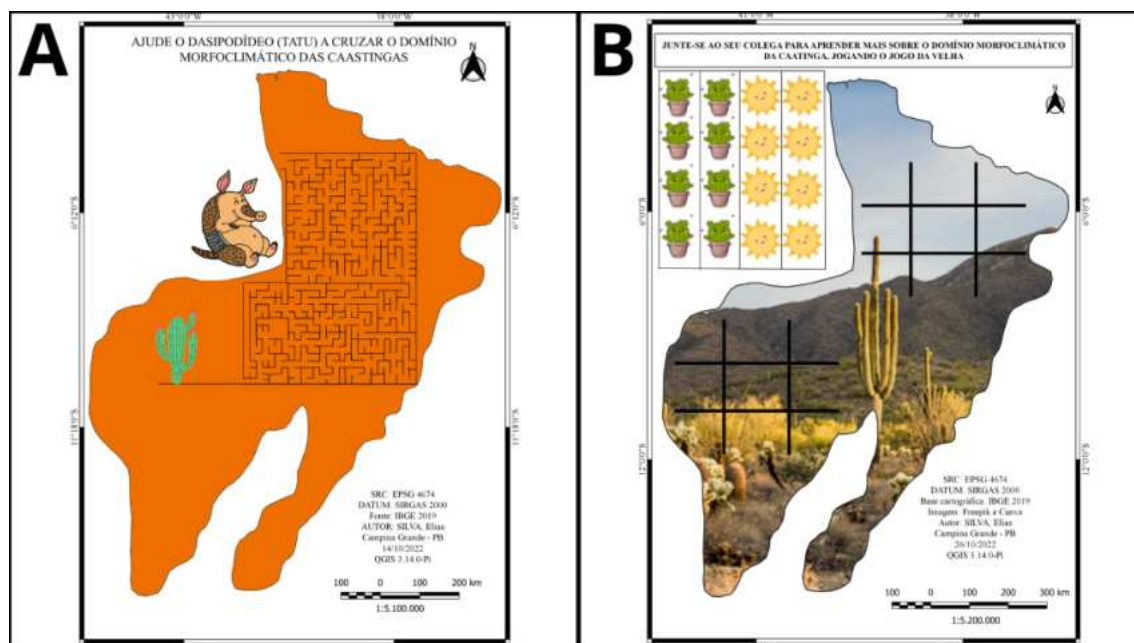


FIGURA 3 - A) Jogo de labirinto; B) Jogo da Velha. Elaboração própria.

Os resultados desta pesquisa mostram que esta metodologia oportuniza ao professor, possibilidades para a geração de jogos didáticos, que auxiliam no ensino de geografia, sendo eles, de baixo custo, por se tratarem de jogos analógicos, além de possibilitar a coalizão entre dois ou mais conteúdos programáticos. Ao utilizar o SIG QGIS, os professores podem elaborar seus próprios jogos, tornando-se independentes e deixando de ser reféns das práticas repetitivas, dando ênfase, exclusivamente, ao conteúdo geográfico.

Por meio desse procedimento, é possível elaborar jogos comuns, como, por exemplo: jogo da velha, caça palavras, cruzadinhas, jogo da memória, quebra-cabeça, labirinto, ludo, dominó, dama, entre outros. No entanto, é válido ressaltar a infinidade de possibilidades que o SIG QGIS apresenta, podendo ser utilizado para a elaboração de jogos mais complexos, como os jogos de tabuleiro, o Uno cartográfico e geográfico, o jogo do stop, bingo, jogos de dardos e muitos outros, bastando o compositor se inspirar e criar um jogo que congregue o conteúdo teórico com o que o docente deseja aplicar de forma lúdica.

Essa abordagem metodológica pode contribuir para o engajamento dos alunos, uma aprendizagem ativa, o desenvolvimento de habilidades e competências, além de estimular a criatividade e a inovação. Entretanto, é importante destacar que o sucesso dessa metodologia deve-se exclusivamente à criatividade do professor e, por isso, é necessário que o docente “jogue” antes que o aluno.

CONCLUSÕES

A utilização do geoprocessamento, como uma metodologia para a geração de produtos didático-pedagógicos no ensino de geografia, oportuniza ao professor inúmeras possibilidades para instruções e lições acerca dos conteúdos a serem abordados.

Estes procedimentos metodológicos são passíveis de serem replicados, em qualquer conteúdo do ensino da geografia, e, por se tratar de jogos analógicos, eles podem ser utilizados em qualquer escola, até mesmo aquelas que não dispõem de recursos digitais e das tecnologias acessíveis.

O custo para as produções desses jogos é zero, visto que o SIG QGIS é gratuito. Nesse caso, para que os alunos sejam atraídos e estejam engajados com a atividade, é necessário que o docente desperte sua criatividade para produzir outras composições sobre uma base cartográfica, deixando fluir sua imaginação, utilizando os pontos, as linhas e os polígonos, para gerar um jogo, que traga resultados significativos.

Fica evidente que a coalizão entre o geoprocessamento e a aprendizagem baseada em jogos é de extrema relevância na educação geográfica, pois os jogos desafiam os alunos a praticarem os conhecimentos teóricos adquiridos anteriormente. Além disso, o SIG QGIS se apresenta como uma ferramenta metodológica de alto impacto devido às inúmeras possibilidades que ele apresenta e de forma gratuita. No entanto, não podemos esquecer que o professor é o principal motor para efetivar esta ação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPINAS, D.S.N. *et al.* As Geotecnologias como uma ferramenta no ensino da Geografia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 27668-27676, 2021.
- CARVALHO, C.V. **Aprendizagem baseada em jogos**. Game-based learning. *In: II World Congress on Systems Engineering and Information Technology*. 2015. p. 176-181.
- CAVALCANTI, L.S. **Pensar pela Geografia–ensino e relevância social**. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2019.
- LACOSTE, Y. **A geografia-isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. Papirus, 2005.
- MICHAEL D., CHEN S. **Serious Games: Games that Educate, Train and Inform**. Thomson Course Technology, 2006.
- PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1970.
- RIYIS, M.T. **RPG e Educação**. São Paulo: Edição do Autor, 2013.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do departamento de geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.
- SANTOS, M. **Por uma outra globalização**. Record, 2023.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2019.
- VAZ, A.C.G.P. **As tecnologias de informação e comunicação e a inclusão dos jovens no processo de globalização: proposta de cooperação Portugal–PALOP**. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnica de Lisboa, Portugal, 2010.
- VEIGA, I.P.A. **Projeto político-pedagógico da escola: uma construção possível**. Papirus Editora, 2013.
- ZYDA M. **From visual simulation to virtual reality to games**. IEEE Computer, 2005.

CAPÍTULO 14

ATIVIDADE DIDÁTICA DE ORIENTAÇÃO ESPACIAL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA AO ENSINO DE CARTOGRAFIA

Daniel Thomé da Costa¹

Tainá Laeta¹

Paulo Márcio Leal de Menezes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart) - Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. daniel.thcosta@gmail.com; tainalaeta@gmail.com; pmenezes@igeo.ufrj.br.

RESUMO

A Orientação, originária do início do século XX, chegou ao Brasil em 1970. No entanto, foi somente em 1999, com a criação da Confederação Brasileira de Orientação (CBO), que a modalidade começou a se destacar no país. A CBO promove a corrida de orientação em todo território nacional, dividindo-a em quatro vertentes: competitiva, ambiental, recreativa e pedagógica. Esta última, é especialmente relevante, pois contribui para o desenvolvimento da noção espacial do indivíduo, fundamental para a compreensão e a leitura de mapas. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a atividade se enquadra na unidade temática "formas de representação e pensamento espacial", incentivando os alunos a realizar a leitura e a elaboração de mapas. No ensino médio, a BNCC espera que os alunos utilizem esses conhecimentos para desenvolver habilidades espaciais e cartográficas, como a utilização de linguagens cartográfica para se comunicar e resolver problemas. Nesse contexto, o presente trabalho propõe a criação da Atividade Didática de Orientação Geoespacial, como auxílio para o ensino de cartografia, estimulando o desenvolvimento espacial dos alunos e explorando conceitos geográficos e cartográficos. Para isso, foi adquirida a ortofoto de 2012 e a base cartográfica de 2022 do Instituto Pereira Passos (IPP), realizada a vetorização das dependências internas do Colégio Pedro II/São Cristóvão e CEFET/Maracanã no sistema de informação geográfica ArcGIS e a marcação de pontos de checagem com GPS.

Palavras-chave: ensino de geografia; ensino médio; educação cartográfica; orientação geoespacial.

ABSTRACT

Orienteering, which originated at the beginning of the 20th century, arrived in Brazil in 1970. However, it was only in 1999, with the creation of the Brazilian Orienteering Confederation (BCO), that the modality began to stand out in the country. The CBO promotes orienteering races throughout the country, dividing it into four aspects: competitive, environmental, recreational and pedagogical. The latter is especially relevant, as it contributes to the development of the individual's spatial notion, which is fundamental for understanding and reading maps. In the National Common Curricular Base (NCCB), the activity falls under the thematic unit "forms of representation and spatial thinking", encouraging students to read and create maps. In high school, NCCB expects students to use this knowledge to develop spatial and cartographic skills, such as using cartographic languages to communicate and solve problems. In this context, the present work proposes the creation of the Geospatial Orientation Didactic Activity, as an aid for teaching cartography, stimulating students' spatial development and exploring geographic and cartographic concepts. For this, the 2012 Ortofoto and the 2022 cartographic base from the Pereira Passos Institute (PPI) were acquired, vectorization of the internal facilities of Colégio Pedro II/São Cristóvão and CEFET/Maracanã was carried out in the ArcGIS geographic information system and the marking of checkpoints with the use of GPS.

Keywords: teaching geography; high school; cartographic education; geospatial orientation.

INTRODUÇÃO

Antes de falar sobre o trabalho, em si, faz-se necessário compreender o que viria a ser a atividade esportiva de orientação. A atividade surgiu na Noruega, por volta dos anos de 1900, como uma atividade majoritariamente militar e possui, como características principais, o uso de um mapa e uma bússola para a sua realização.

Segundo a Confederação Brasileira de Orientação (CBO) e a Federação Internacional de Orientação (*International Orienteering Federation*, IOF), a orientação é um esporte em que os competidores navegam livremente ao longo de um terreno delimitado onde deverão passar por pontos de controle, auxiliados por um mapa e uma bússola, no menor tempo possível (CBO, 2020, p. 6; IOF, 2021, p. 3).

Em sua essência, enquanto é praticada essa atividade esportiva, é possível trabalhar alguns conceitos. O primeiro desses, e, pode-se dizer, que o mais importante, é o conceito de orientação, uma vez que esse conceito é aquele que conduz a atividade esportiva, de acordo com Muehrcke e Muehrcke (1992, p. 274-277), orientar um mapa é ajustá-lo, para que a direção que se deseja ir, na vida real, esteja de acordo com a direção que está sendo traçada no mapa. E ainda, existem quatro formas principais de orientação: por inspeção; aspecto celestial; aspecto terrestre; e método da bússola.

O segundo conceito trabalhado é o de Espaço, Corrêa (2001, p. 17; 30; 44) nos mostra que o espaço pode ser considerado como algo multidimensional, uma vez que variadas correntes do pensamento geográfico possuem concepções diversas, acerca daquilo que possa vir a ser o espaço. A geografia tradicional, por exemplo, o via como algo indispensável para a vida humana, visto que, a partir dele, a sociedade retirava recursos para a viver e sobreviver. Contudo, para a geografia humanista e cultural, o espaço ganha um tom mais sentimentalista, assumindo o significado de espaço vivido, no qual um grupo de pessoas, a partir de suas experiências, podem moldar suas memórias sobre determinado espaço, gerando assim sentimentos espaciais. O autor ainda sugere que, apenas aceitando a multidimensionalidade do conceito de espaço, será possível aceitar que, por conta da divergência da vivência social, houve a construção de formas heterogêneas de se conceber o espaço.

Para finalizar, o conceito de escala, um conceito que é englobado, tanto sob a perspectiva geográfica quanto cartográfica. Sob a perspectiva cartográfica, Menezes e Coelho Neto (1999, p. 2-4) abordam que a escala seria a razão existente entre a medida representada no mapa e a medida em sua forma natural, isto é, no mundo real. A escolha da escala cartográfica a ser usada é uma das principais etapas do mapeamento, dado que ela irá determinar a área a ser mapeada, o nível de generalização (nos mapas de menores escalas, menor também será o nível de generalização e menor será a área mapeada, em relação a mapas de escalas maiores); e o nível de detalhamento (nos mapas de escalas maiores, haverá maior nível de detalhamento do que em mapas de escalas menores). Na perspectiva geográfica, o sentido de escala opõe-se ao sentido de escala cartográfica, na medida em que quanto maior for a extensão da área escolhida, maior será a escala geográfica associada a ela e menor, a cartográfica.

No levantamento bibliográfico sobre o tema e, posteriormente, em sua revisão, alguns artigos levantaram algumas questões sobre o desenvolvimento e a prática da atividade no ensino escolar. O primeiro desses, foi o artigo Lunkes e Martins (2012, p. 2-3), onde constatam que, ao chegarem ao ensino médio, alunos possuem uma grande defasagem, no que tange ao domínio de leitura cartográfica. Um dos motivos citados pelos autores, para tal defasagem, seria a forma com que os professores utilizam o mapa dentro de sala de aula; a maioria dos professores não utiliza a cartografia como uma forma de comunicação entre os conhecimentos geográficos e as representações, apenas, como uma mera ilustração (Francischett *apud* Lunkes e Martins, 2012, p.14). Outro ponto levantado é de que os alunos possuíam uma dificuldade na leitura de mapas, em função da manutenção do estilo tradicional da geografia, ela sendo apenas descritiva e de memorização e, para finalizar, afirmam que: “o aluno não reflete, interpreta, analisa, compara ou generaliza, apenas recebe a informação, memoriza e reproduz” (Passini *apud* Lunkes e Martins, 2012, p. 19). Portanto, Lunkes e Martins afirmam que: “É preciso romper com este Ensino de Geografia Tradicional e usar a Cartografia para além da ilustração” (2012, p. 10).

Outro artigo encontrado foi o de Silva *et al.* (2021, p. 2; 9-10) que, a partir de um questionário realizado com alunos de uma escola estadual de fortaleza, constatou que tanto a geografia quanto a cartografia ensinada em sala de aula possuem uma defasagem, não têm conseguido alcançar os objetivos previstos, por conta de desinteresse, desconhecimento e dificuldade por parte dos alunos.

Como foi visto por enquanto, diferentes autores perceberam que as noções cartográficas de alunos do ensino fundamental e médio está em grande defasagem por conta de diversos fatores. Baseado nisso, Scherma (2010, p. 50; 62; 69-71) propôs que a atividade esportiva de orientação poderia servir como uma forma de incentivar e promover o interesse de alunos em cartografia. A autora nos mostra que a orientação pode ser dividida em quatro vertentes: *competitiva*, *ambiental*, *recreativa* ou *turística* e, por último, *pedagógica*. A vertente pedagógica diz respeito à reunião de ações que tem por objetivo colocar a orientação à disposição do aluno. Dessa forma, se procuraria melhorar, tanto a qualidade quanto a motivação do aluno na participação da atividade, não importando o desempenho do aluno.

Baseado em Scherma (2010), Silva (2013, p. 14-15), elaborou uma atividade baseada na atividade esportiva de orientação e a aplicou em uma escola municipal, no município de Ituiutaba, em Minas Gerais. A partir da atividade, o autor pôde perceber que o interesse dos alunos em geografia, em especial, na cartografia, aumentou significativamente após a realização da atividade.

Desta maneira, baseado no referencial teórico-conceitual, o objetivo do presente trabalho constitui-se na criação de uma proposta metodológica, a fim de auxiliar no ensino de cartografia, durante a vida escolar. Tal proposta é baseada na atividade esportiva de orientação e espera-se que contribua para uma melhor compreensão dos alunos, sobre alguns conceitos geográficos (espaço e escala) e conceitos cartográficos (orientação, coordenadas e escala). Além disso, também é esperado que colabore para o desenvolvimento da habilidade (e noção) espacial dos discentes.

MATERIAIS

Os materiais utilizados integram duas etapas. Primeiro, os materiais utilizados para a montagem dos croquis; e segundo, aqueles utilizados para a montagem da atividade. Os materiais utilizados para a elaboração dos croquis, ou seja, utilizados na vetorização das dependências internas e externas dos colégios Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET), unidade Maracanã; e Colégio Pedro II, unidade São Cristóvão, foram: ortofoto 287A III (Figura 1A), que é uma fotografia aérea, tirada no ano de 2012, parte do acervo do Instituto Pereira Passos (IPP); base cartográfica, na escala 1:10.000, do ano de 2022, nas camadas de bairro, logradouro e quadra (Figura 1B), também obtida do IPP.

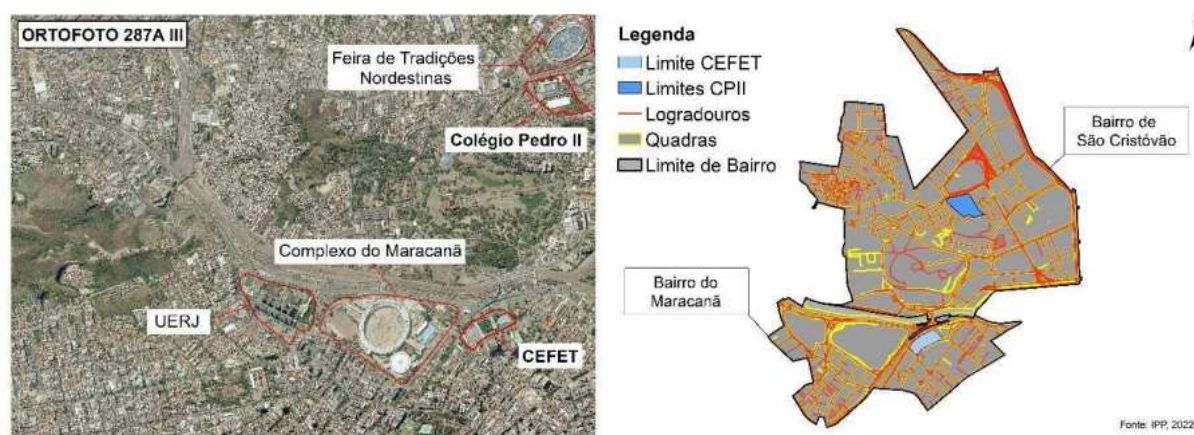


FIGURA 1 - A) ortofoto 287A III (IPP, 2012) (esq.);
B) bairro do Maracanã e São Cristóvão (dir.). Elaboração própria.

Na segunda etapa, dos materiais utilizados para elaboração da atividade, os primeiros, foram os croquis de ambos os colégios, anteriormente, vetorizados. Estes foram utilizados para escolha dos pontos de controle. Outro material foi o aplicativo de celular *My GPS Coordinates*, utilizado para a retirada das coordenadas geográficas dos pontos de controle. Além disso, foram usados um esquadro e um transferidor para posteriores cálculos das coordenadas angulares e lineares entre os pontos.

MÉTODOS

A metodologia consistiu em cinco etapas de preparação da atividade: pré-processamento; processamento; pré-campo; campo; e, por último, pré-atividade. A etapa de pré-processamento consistiu em separar os materiais necessários para vetorizar os colégios, que, nesse caso, foram: a ortofoto 287A III e a base cartográfica, na escala 1:10.000, do ano de 2022, nas camadas de bairro, logradouro e quadra.

Em seguida, na etapa de processamento, foi realizada a vetorização das dependências externas e internas, de ambos os colégios. Ao todo, foram criadas 16 camadas, que serviram para a estruturação dos mapas croqui, sendo sete camadas, destinadas ao CEFET, e nove camadas, destinadas ao Colégio Pedro II. A escolha pela vetorização do Colégio Pedro II e CEFET deve-se à existência de um acordo para a realização da atividade com os alunos de cada um dos colégios.

Na terceira etapa da metodologia (pré-campo), foi realizada uma averiguação sobre quais locais, em ambos os colégios, poderiam servir como pontos de controle, durante a realização da atividade. Para tal etapa, foi necessário o uso do *Google Earth*, por prover a imagem mais atualizada da área de interesse, que serviu para observar as mudanças ocorridas nos ambientes internos e externos aos colégios, ao longo de 11 anos. Dessa forma, foram separados nove possíveis pontos para o Colégio Pedro II e dez possíveis pontos para o CEFET.

Posteriormente, na etapa de campo, foi realizada uma visita, tanto no CEFET quanto no Colégio Pedro II, para averiguação dos possíveis pontos de controle, escolhidos anteriormente em gabinete. Caso o ponto fosse válido, suas coordenadas geográficas eram extraídas, por meio do aplicativo de celular *My GPS Coordinates*. A utilização de tal aplicativo se deu, pela facilidade de uso do mesmo, em exportar as coordenadas para uma camada no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS. Também é válido ressaltar que, por conta da diferença do sistema geodésico de referência, ao exportar as coordenadas para a plataforma ArcGIS, ocorreram pequenos deslocamentos dos pontos, em relação à sua posição real. Logo, para que fosse possível a realização, fez-se necessário corrigir tais pontos.

A etapa de pré-atividade consistiu na construção dos trajetos que cada grupo seguiria, passando por cada ponto de checagem. Dessa forma, houve o cálculo das coordenadas lineares e polares entre os pontos, que culminou na elaboração de uma tabela, contendo todas as coordenadas polares possíveis, para que, posteriormente, fosse criado cada trajeto, separadamente, levando em consideração, que não poderiam ter dois grupos passando por um mesmo ponto de controle, simultaneamente.

Também foram pensados critérios, para que fosse possível certificar que cada grupo de alunos passou pelo trajeto certo. Com isso, foram criadas as palavras de checagens, que têm, por objetivo, evitar (ou pelo menos, diminuir) as tentativas dos alunos em tirar vantagens de outros alunos, como, por exemplo, indo ao ponto de chegada, sem antes passar pelo restante dos pontos. Para que não houvesse estranhamento por parte dos alunos sobre tais palavras, foram escolhidos grupos de palavras que, provavelmente, eles teriam contato, ao longo de sua vida escolar, tendo sido escolhidas: blocos econômicos, países, minérios, povos tradicionais brasileiros e, por último, idiomas. Com os grupos definidos, foram escolhidas cinco palavras, por grupo (Quadro 1).

Ainda falando sobre formas de controlar e verificar que cada grupo passou por todo o trajeto previamente definido, foi criado ainda o Formulário Croqui. Serve para registrar o percurso feito durante a realização da atividade. Ademais, o formulário croqui, também servia como registro pessoal, nele existiam espaços para que os alunos preenchessem os nomes dos componentes, ID do ponto de controle, data de realização, local de realização, horário que o grupo chegou ao ponto e, por último, município e unidade federativa em que a atividade foi realizada. Além disso, em apenas um dos pontos de controle, que foi sorteado de forma prévia a realização da atividade, os alunos deveriam realizar um croqui - ou esboço cartográfico - daquilo que estavam observando ao olhar para a direção norte. A elaboração do croqui por parte dos alunos se faz necessária para que eles possam trabalhar os conceitos de espaço e perspectiva (pontos de vistas).

QUADRO 1 - Palavras de checagem utilizadas.

GRUPO	PALAVRA 1	PALAVRA 2	PALAVRA 3	PALAVRA 4	PALAVRA 5
Minérios	Cobre	Estanho	Ferro	Manganês	Ouro
Povos Tradicionais Brasileiros	Caiçaras	Ciganos	Indígenas	Quilombolas	Ribeirinhos
Idiomas	Bengali	Espanhol	Mandarim	Português	Tupi-Guarani
Países	Brasil	Fiji	Laos	Nigéria	Portugal
Blocos Econômicos	Mercosul	OPEP	SADC	União Européia	USMCA

Elaboração própria.

Acrescenta-se ainda que foram criados dois questionários, os quais os alunos teriam que responder, anterior e posteriormente à realização da atividade, para que fosse possível averiguar o conhecimento e as opiniões, por parte dos alunos, separadamente. Posteriormente, pensando em perceber as semelhanças e as diferenças, que os alunos apresentaram na atividade.

Ainda na etapa da pré-atividade, foi elaborado o formulário croqui, que tem, como objetivo, substituir uma outra função do cartão de controle, existente na atividade esportiva de orientação, servindo para registrar (por meio do desenho) o percurso feito pelos alunos durante a atividade. Abaixo, segue o fluxograma dos materiais e métodos para elaboração da atividade (Figura 2).



FIGURA 2 - Fluxograma de materiais e métodos utilizados para elaboração da Atividade Didática de Orientação Geoespacial. Elaboração própria.

RESULTADOS

Como primeiros resultados, foram os mapas elaborados com as dependências internas e externas de tanto para o Colégio Pedro II (Figura 3) quanto para o CEFET. Também foram traçados os trajetos para a Atividade Didática de Orientação Geoespacial, de cada grupo, também para o Colégio Pedro II e para o CEFET.

Além dos mapas criados, outro resultado foi a elaboração das tabelas dos possíveis percursos, nela está contida informação, a respeito da distância linear entre todos os pontos, assim como, a distância angular entre todos os pontos. Formando assim, todas as coordenadas polares, passíveis de serem aplicadas na atividade.



FIGURA 3 - Mapa Croqui Colégio Pedro II, com um dos percursos a ser percorrido. Elaboração própria.

E ainda, visando a uma melhor organização da atividade, algumas etapas foram separadas em diferentes envelopes, que, ou seriam utilizados pelos professores, ou pelos alunos, ou, até mesmo, que serviriam para marcar onde se localizariam os pontos de controle, em cada um dos colégios. Falando sobre cada envelope separadamente: i) em cada envelope voltado para os professores, havia um mapa temático do colégio com todos os pontos marcados (pontos de controle, pontos de início e ponto de chegada), além da folha de gabarito, com o percurso a ser traçado por cada grupo. ii) nos envelopes destinados à marcação do ponto de controle, estava uma folha com o nome do ponto e também um envelope para cada grupo, com as coordenadas do próximo ponto a ser encontrado; iii) nos envelopes distribuídos para os grupos de alunos, estavam um mapa temático do colégio (com apenas o ponto inicial plotado), uma imagem de satélite das dependências do colégio (imagem retirada da plataforma *Google Earth*), cinco folhas de formulário, uma folha para cada ponto da atividade, além de conter uma bússola, um transferidor e uma régua. Adicionalmente, para evitar que os alunos confundissem as dicas entre eles, foram escolhidas cores, que representariam cada equipe; dessa maneira, existiria o grupo vermelho, azul, verde, entre outros.

DISCUSSÃO

A atividade esportiva de orientação, propriamente dita, é deveras complexa para ser aplicada a alunos e, assim, foi necessário realizar sua adaptação, antes da aplicação. Então, foram elaboradas etapas, que tinham por objetivo, tornar a orientação mais fácil e mais dinâmica, para, assim, ser aplicada ao primeiro ano do ensino médio do Colégio Pedro II e do CEFET. As etapas elaboradas foram os formulários *croqui*, as palavras de checagem e a organização de cada um dos grupos em envelopes.

O resultado da avaliação da atividade foi positiva e resultou da análise dos questionários aplicados na turma para a atividade. Foi avaliado que a percepção dos discentes, a respeito de conceitos geográficos e cartográficos, foi benéfica, a maior parte das respostas dos alunos foi sobre como a atividade deixou divertido algo que, para um adolescente, pode ser monótono, como a aplicação do uso da escala e de um mapa na vida real. Assim como, colocar em prática a orientação, por meio de mapa e bússola, algo bastante incomum de se encontrar na grade curricular atual. Mas, para além disso, uma resposta chamou atenção, por estimular em uma aluna, algo que, inicialmente, não foi planejado. A aluna, ao ser perguntada se havia gostado da atividade, respondeu:

“Muitíssimo. Foi uma atividade revigorante, se comparada às outras, anteriores. Sendo prática, ensinou, de maneira divertida, a utilização de um mapa e as suas características, além de estimular a vontade de exploração”.

Com isso, a realização da atividade serviu de auxílio para que os alunos tivessem um melhor desenvolvimento da habilidade espacial.

É válido ressaltar que a proposta metodológica é passível de ser adaptada (e/ou obrigatória), de acordo com a série a ser trabalhada, como, por exemplo, as palavras de checagem serem conteúdos que os alunos teriam ao longo do ano escolar, e também, de acordo com a realidade da escola, onde se daria a atividade. Além disso, outro ponto percebido é sobre a possibilidade que a atividade possui em ser aplicada em conjunto a outras disciplinas escolares, como matemática e educação física.

CONCLUSÃO

Portanto, pode-se concluir que foi possível a adaptação e a elaboração de uma proposta metodológica, baseada na atividade esportiva de orientação, onde se conseguiria trabalhar com conceitos geográficos e cartográficos, em sala de aula. Com a aplicação da Atividade Didática de Orientação Geoespacial, no Colégio Pedro II e no CEFET, observou-se que o interesse dos alunos em geografia e, principalmente, em cartografia, aumentou, devido à aproximação entre as disciplinas, que a atividade ocasionou.

Abordando agora sobre as etapas futuras do presente trabalho, a ideia geral é trabalhar com a atividade, mais uma vez, durante o ensino médio, levando as alterações, que percebemos serem importantes para dinamizar, ainda mais, a atividade. Além disso, como foi dito anteriormente, espera-se utilizar o viés interdisciplinar que a atividade possui, aplicando-a, não apenas com os professores de geografia, mas também, com professores de outras disciplinas escolares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE ORIENTAÇÃO. Regras para Competições de Orientação Pedestre.
<https://www.cbo.org.br/>
- CORRÊA, R.L. Espaço, um conceito-chave da Geografia. *In*: CASTRO, I.E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. **Geografia: conceitos e temas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 15-44.
- IOF (International Orienteering Federation). **Competition rules for International Orienteering Federation (IOF) Foot Orienteering Events**. Karlstad, Suécia, 2021.
- LUNKES, R.P.; MARTINS, G. **Alfabetização cartográfica: um desafio para o ensino de geografia**. [S.l.], 2012.
- MENEZES, P.M.L. de.; FERNANDES, M. do C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 288p.
- MENEZES, P.M.L.; NETO, A.L.C. **Escala: estudo de conceitos e aplicações**. *In*: **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia**, Recife, 1999.
- MUEHRCKE, P.C.; MUEHRCKE J.O. **Map Use: Reading, Analysis, and Interpretation**. 3. ed. Madison: JP Publications, 1992. 474p.
- SCHERMA, E.P. **Corrida de Orientação: uma proposta metodológica para o ensino da Geografia e da Cartografia**. 2010. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- SILVA, D.A. Atividade esportiva no ensino de geografia: experiência a partir da corrida de orientação na escola. **Geosaberes**: Revista de Estudos Geoeducacionais, Fortaleza, v. 4, n. 8, p. 86-99, 2013.
<http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/218>
- SILVA, L.F. da *et al.* O ensino da cartografia no ensino médio, em uma escola pública estadual de fortaleza: as percepções dos alunos e o processo de aprendizagem. *In*: VII CONEDU – Conedu em Casa... **Anais...**, Campina Grande: Realize Editora, 2021. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/81051>

CAPÍTULO 15

CONSTRUÇÃO DE MAPA TÁTIL DO JB-UFRJ PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Yasmin Vegele Pinheiro¹

Tainá Moreira da Silva¹

Gustavo Mota de Sousa¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento Geografia. Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA). BR-465. km 7. Zona Rural. Seropédica-RJ. Brasil. CEP: 23897-000. vegelepinheiro@gmail.com; tainaa1505@gmail.com; gustavoms@ufrj.br.

RESUMO

O Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (JB-UFRJ) é uma Unidade de Conservação dentro do campus Seropédica, que possui atividades de pesquisa e extensão universitária com a comunidade, em diferentes áreas da ciência ambiental. Nesse sentido, a presente pesquisa tem a finalidade de produzir um mapa tátil do JB-UFRJ, com recorte da área visitável do espaço, bem como visa colaborar para a acessibilidade ao JB-UFRJ, de pessoas cegas e de baixa visão. A partir disso, foram selecionadas algumas áreas de visitação, com melhores condições de acessibilidade. Posteriormente, essas áreas foram georreferenciadas com o auxílio dos aplicativos Vicon SAGA e GPS Status, identificando esses locais com coordenadas que, com o auxílio de imagens de satélite, no sistema de informação geográfica (SIG) QGIS, permitiu a vetorização de linhas e polígonos. Originando, inicialmente, um mapa para videntes, adaptado em duas versões finais de mapas táteis. Estas versões foram testadas por pessoas com deficiência visual e os ajustes necessários foram realizados. A pesquisa foi concluída com mapas táteis, testados em *layouts* horizontal e vertical.

Palavras-chave: mapa tátil; acessibilidade; cegos; máquina fusora; papel microcapsulado.

ABSTRACT

The botanic garden of the Rural Federal University of Rio de Janeiro (BG-RFURJ) is a conservation unit inside the Seropédica campus, which has university research and extension with the community in different areas of environmental science. Thus, this study aims to produce a tactile map of BG-RFURJ in a cutout of the visible area, as well as to collaborate with the accessibility of blind and low-vision people at BG-RFURJ. In this way, visitable areas with better accessibility conditions were selected. After this, those areas were georeferenced with Vicon SAGA and GPS Status, identifying the coordinate points, and with the assistance of QGIS GIS and satellite images, generated vectorization of lines and polygons. First, a map was created for people without disabilities and was adapted for two final versions of tactile maps. These maps were tested by blind and low-vision people, and the necessary adjustments were made. This research was completed with tactile maps in portrait, and the landscape layout orientation was tested.

Keywords: tactile map; accessibility; blind; low vision; swell form machine; swell paper.

INTRODUÇÃO

Os mapas têm o potencial de transmitir informações de maneira única e representar, com recursos gráficos, informações que integram os conceitos geográficos e cartográficos, chegando a resultados favoráveis à interpretação de certos fenômenos, que dependem da representação especializada, comunicando relações espaciais, de maneira preferível a outras formas de comunicação (Meneguette, 2012). Os mapas táteis possuem finalidade semelhante aos mapas para videntes (pessoas sem deficiência visual), servem como representações de dados espacializados, que se comunicam com pessoas com deficiência visual, representando fenômenos geográficos, bem como localização e orientação (Almeida; Loch, 2006). Os mapas táteis utilizam recursos em alto-relevo para possibilitar a leitura do mapa, por pessoas cegas e de baixa visão, usualmente, texturas e braille.

A produção de mapas táteis, bem como a reflexão acerca da cartografia tátil, é essencial como ferramenta de acessibilidade e inclusão para pessoas cegas (PC) e de baixa visão (PBV), sendo um meio de promover acesso a informações e dados, que são melhor representados com recursos de representação especializada. Desta forma, os mapas táteis favorecem a comunicação direcionada a pessoas com deficiência visual, de maneira que outros recursos, como o braille ou a audiodescrição, sozinhos, não desempenham a mesma eficiência comunicativa que a cartografia tátil (Cole, 2023).

Com efeito, esta pesquisa utiliza as técnicas da cartografia tradicional e da cartografia tátil, a fim de produzir um mapa tátil do Jardim Botânico, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (JB-UFRRJ), com recorte da área visitável do espaço. Para isso, foi utilizada a máquina fusora e o papel micro encapsulado (*swell paper*) para a impressão do mapa tátil, em parceria com o Centro de Inovação Tecnológica e Educação Inclusiva (CITEI-UFRRJ). Assim, a partir da produção do material tátil e das discussões realizadas, esta pesquisa colabora para a acessibilidade ao JB-UFRRJ, de PC e PBV, que deve ser alcançada em sua totalidade, com investimentos em infraestrutura do local. Favorecendo a apropriação deste espaço, de forma inclusiva, por meio da cartografia tátil, além de construir meios, que colaborem com a independência e a autonomia das PC e PBV.

METODOLOGIA

Durante o processo de construção metodológica da pesquisa, as etapas evidenciadas no fluxograma metodológico (Figura 1) foram efetivadas para ser possível o resultado. Assim, a partir de colaboração com o CITEI-UFRRJ, do Instituto Multidisciplinar da UFRRJ (Nova Iguaçu), foi possível ter acesso à máquina fusora e ao papel microcapsulado (*swell paper*) e, portanto, este foi o método selecionado para a impressão do mapa tátil. Este equipamento funciona a partir da tecnologia de termo ativação do *swell paper*. Quando impresso com tintas de alto carbono em sua composição (em impressora convencional) e a exposição do papel a uma temperatura elevada, por meio da máquina fusora, ocorre a expansão do que foi impresso com tinta com alto teor de carbono. Usualmente a tinta com alto teor de carbono utilizada é o pigmento preto. A produção de matrizes táteis com esta tecnologia necessita que a impressão do que foi elaborado digitalmente seja feita em impressora convencional de jato de tinta (ou a laser) no *swell paper*. Depois, o *swell paper* com os pigmentos da impressora tradicional deve ser inserido na máquina fusora para a criação do alto-relevo desejado para as matrizes táteis.



FIGURA 1 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

Esta pesquisa teve como etapa inicial e contínua o levantamento bibliográfico acerca da cartografia tradicional, cartografia tátil e acessibilidade, a pessoas cegas e de baixa visão; esta primeira fase teve, como objetivo inicial, selecionar o método que a pesquisa iria adotar para a construção do produto final idealizado: um mapa tátil do JB-UFRRJ. Com isso, foi determinado que o processo para a construção do mapa tátil seria a adaptação de um mapa para videntes para uma versão tátil.

Para o desenvolvimento inicial do mapa, foi necessário selecionar o que seria mapeado no JB-UFRRJ e a área selecionada para ser mapeada considerou o que proporcionaria melhor representação tátil,

ponderando a concisão das informações para os leitores compreenderem o mapa da melhor maneira. Isso quer dizer que, idealmente, um mapa tátil não possui elevado contingente de informações a serem diferenciadas, por existir um limite de elementos que a pessoa, por meio do tato, consegue diferenciar (Vasconcellos, 1993). E ainda, quanto às adaptações realizadas na cartografia tátil, é comum a exclusão das coordenadas do mapa, por não ser considerado um recurso essencial para a compreensão do mapa, quando lido por meio do tato.

Então, avaliando as limitações e as potencialidades da área de estudo, foi determinado que o mapa do JB-UFRRJ se concentraria na área visitável, nos pontos com condições minimamente acessíveis para a locomoção de PC e PBV, resultando nos seguintes pontos a serem mapeados: horta medicinal, reprodução de mudas, jardim das mirtáceas, bromeliário, cactos, rosa dos ventos, jardim das amoreiras, sede, auditório e lago. Desta forma, os pontos selecionados foram georreferenciados, utilizando aplicativo Vicon SAGA, desenvolvido por Marino *et al.* (2023), e o aplicativo “GPS Status”; esse último, passou a ser utilizado após a percepção de dificuldade de aquisição de coordenadas com menor erro dos pontos georreferenciados apenas com o suporte do Vicon SAGA, provavelmente, por se tratar de um espaço com área vegetada, dificultando o desempenho do GPS. No entanto, esta dificuldade foi sanada, trabalhando os dois aplicativos, simultaneamente. Também, foram utilizadas informações vetorizadas produzidas por Silva e Vargas (2019) e Silva *et al.* (2020). A partir disso, foram adquiridos os pontos georreferenciados e, com o auxílio de imagens de satélite, ocorreu a vetorização de linhas e polígonos. O sistema de informação geográfica (SIG) QGIS foi utilizado para confeccionar o mapa e realizar os ajustes; já as texturas utilizadas, foram geradas no site Canva (<https://www.canva.com/>), fornecendo o primeiro mapa direcionado a videntes (Figura 2). Quando os dados estavam sendo coletados, foram adquiridas coordenadas também de duas rotas, uma das principais rotas de acesso aos pontos visitáveis e outra, da pequena trilha “Caminhos Mata Atlântica”.

A partir do primeiro mapa produzido na pesquisa (Figura 2), ele foi submetido a críticas e análises dos desenvolvedores da pesquisa e, a partir dos apontamentos, foram realizadas alterações, direcionando este mapa inicial para a versão tátil idealizada. Nesse processo, foram retirados da área de estudo, os seguintes pontos: principais rotas de acesso, caminhos da Mata Atlântica, rosa dos ventos, bromeliário e reprodução de mudas.

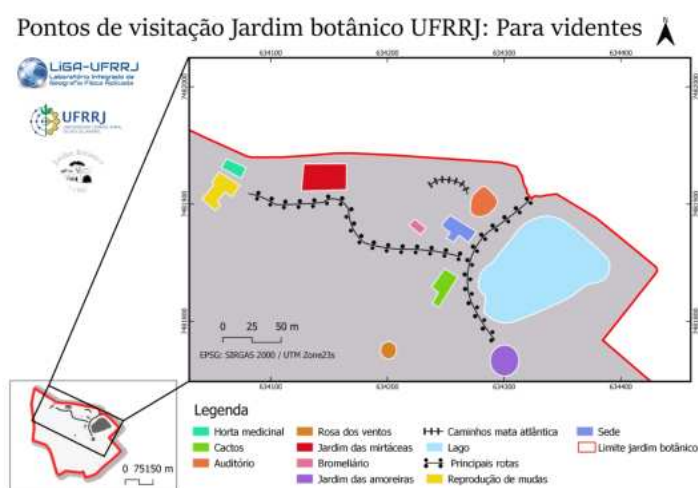


FIGURA 2 - Mapa inicial para videntes. Elaboração própria.

A retirada dos caminhos e rotas ocorreu, por fugir da finalidade do mapa, que não era o de representar caminhos do JB-UFRRJ, mas sim, o de representar os pontos de visitação. Outros pontos foram retirados, por falta de acessibilidade e pela necessidade de agendamento para a visitação, com o intuito de possibilitar a independência e autonomia de visitantes ao espaço do JB-UFRRJ. Então, foram identificados somente os pontos visitáveis, que estão abertos ao público, o que tornou o mapa com informações mais concisas (Vasconcellos, 1993). A partir destas alterações, foi desenvolvido um novo mapa, adaptado para a versão tátil com texturas. A seleção de texturas demandou testes, que

apontaram para a espessura de linha desejável, o valor superior a 1,0 mm, conforme estabelecido por Ferreira e Silva (2010). Também, as informações vetoriais do mapa foram generalizadas, para proporcionar melhor leitura e compreensão do mapa (Vasconcellos, 1993). Com a estrutura do mapa determinada, as informações em braille foram adicionadas, para isto, foram utilizados o “Braille Fácil”, *software* produzido pela UFRJ, e o site “Tradutor Braille”. Foram utilizados dois métodos de tradução, para dupla verificação da tradução da linguagem escrita com letras para o braille. Também, o tamanho do braille, padronizado pela ABNT na norma NBR9050; tendo sido ainda utilizada a fonte “braillekiana”, a mesma utilizada no “braille fácil”. O tamanho da fonte que correspondeu ao que a ABNT exige foi o tamanho de fonte 23.

Assim, a partir das texturas selecionadas, o mapa teve seu *layout* formulado na orientação paisagem, sendo uma folha A3 *swell paper* com o mapa (Figura 1) e outra A3 *swell paper* com a legenda (Figura 2). Nesse sentido, este mapa utilizou de texturas para distinguir as formas, diferenciando o que seria elevado em preto e o que seria escrito para os demais leitores, videntes, em colorido.

Depois, tendo como base o que é produzido no Laboratório de Cartografia Tátil e Escolar (LABTATE-UFSC) foi produzido outro modelo de mapa, formulado de maneira que as letras em braille distinguíssem os pontos de visita. E ainda, o *layout* desta versão foi formulado na orientação retrato (Figura 3), condensando as informações em uma só folha A3 (*swell paper*). Assim como com a outra versão do mapa, houve a distinção do que seria colorido e do que seria preto, afinal o método de aplicar o alto-relevo foi o mesmo, a partir da máquina fusora.

Após as primeiras versões dos mapas serem impressas e levadas à máquina fusora, a fim de formar o alto-relevo, surgiram algumas intercorrências, que precisavam ser solucionadas. O alto relevo da cor selecionada expandiu, o que não deveria ocorrer. Para solucionar este imprevisto, a cor colorida foi alterada para uma cor que utilizasse o pigmento puro, assim, foi escolhida a cor ciano. Também, precisou ser corrigida a potência de temperatura da máquina fusora, tendo sido ajustada para a potência sete, para os mapas, e seis, para a legenda, em orientação paisagem, o que solucionou o aparecimento de bolhas indesejadas. As margens utilizadas para o *layout* foram de 4 cm na vertical e na horizontal, evitando que informações não fossem expandidas pela máquina fusora.

A partir destas intercorrências, outros modelos de mapas foram gerados, buscando retificar o ocorrido, sendo realizadas também outras generalizações cartográficas, a fim de melhorar a experiência de leitura. Com efeito, estas versões foram consideradas aptas a serem testadas (Figuras 3, 4 e 5).

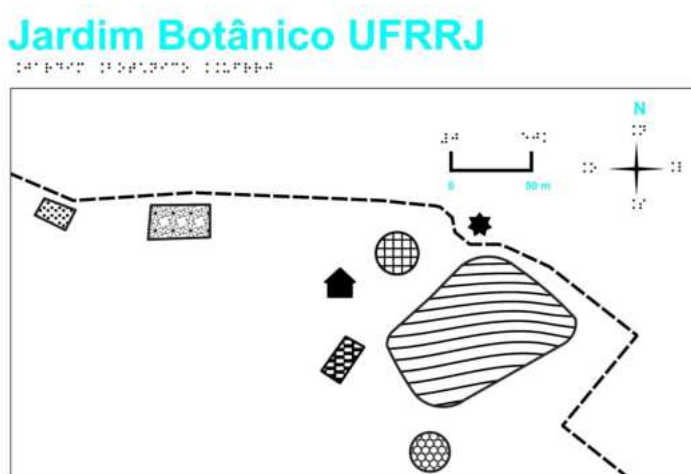


FIGURA 3 - Mapa tátil, orientação em paisagem. Elaboração própria.



FIGURA 4 - Legenda do mapa tátil, orientação em paisagem. Elaboração própria.

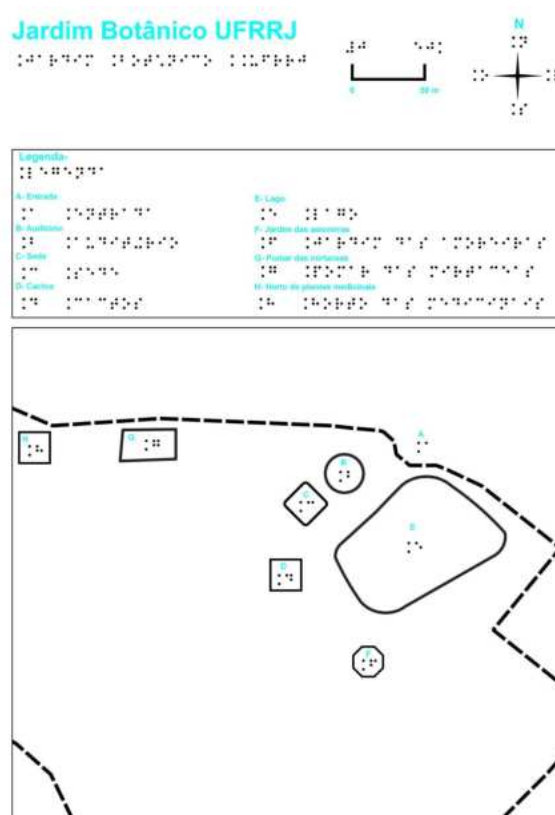


FIGURA 5 - Mapa tátil, orientação em retrato. Elaboração própria.

RESULTADOS

Foram produzidos dois modelos de mapas que, por meio de testes com três voluntários com deficiência visual, foram considerados aprovados, após ajustes para evitar ruído de informação (Monmonier, 1982). A alteração da legenda em braille do elemento “Limite do Jardim Botânico”, a observação foi de que a legenda estava muito próxima a outros elementos táteis do mapa. Também, ajuste da escala da imagem, que representa os elementos “Jardim das Amoreiras” e “Plantas Medicinais”. Ambos ajustes estavam direcionados à legenda do mapa, com orientação em paisagem (Figura 6). Também, foi compreendido, a partir dos testes, que o contato prévio com o braille é decisivo para a compreensão do mapa tátil e por consequência, bastante influente no acesso à informação de pessoas com deficiência visual.



FIGURA 6 - Legenda mapa tátil, orientação paisagem versão retificada. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Nessa conjuntura, o presente trabalho teve como objetivo a construção do mapa tátil do JB-UFRRJ para o público com deficiência visual. Durante a produção deste material, foi ressaltada a importância das generalizações cartográficas para a construção do mapa. Bem como a generalização conceitual de algumas características apresentadas em mapas, que seguem as normas da cartografia tradicional, que, para a cartografia tátil, a finalidade destas características se torna questionável, a exemplo da generalização conceitual, com a exclusão das coordenadas geográficas do mapa.

Na pesquisa, foram concluídas duas versões do mapa tátil, aprovadas nos testes realizados. Este teste apresentou a importância de condensar informações, tendo sido compreendido que, para a construção de um mapa tátil funcional, a informação que o mapa deseja comunicar deve ser objetiva e o espaçamento entre elementos táteis (braille e textura), é essencial para a compreensão clara da informação. Também, foi compreendido que a escolha da máquina fusora, como método de impressão, proporcionou um resultado bastante satisfatório ao tato, com boa legibilidade das informações táteis e o benefício de criar relevo, em um material feito digitalmente, proporcionando um resultado assertivo ao mapa tátil do JB-UFRRJ.

Os testes mostraram a extrema relevância de existir um repertório prévio para pessoas com deficiência visual terem acesso à informação, visto que os voluntários mais familiarizados com o braille tiveram notável melhor experiência. Mostrando a necessidade de melhorar o acesso a sistemas e técnicas que colaborem para a independência de pessoas com deficiência visual.

Por fim, é necessário reconhecer as limitações quanto à acessibilidade, apresentadas pela falta de manutenção e infraestrutura no Jardim Botânico da UFRRJ. É coerente reconhecer que, devido a estas condições, os mapas produzidos, por si só, não promovem condições de acessibilidade e autonomia a visitantes cegos e de baixa visão, apesar de serem materiais que colaborem para que pessoas com deficiência visual compreendam o espaço visitável do JB-UFRRJ. Portanto, a presente pesquisa faz parte de um esforço de produção de matrizes táteis, para a promoção da acessibilidade e independência de pessoas com deficiência visual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. NBR 9.050. 3. ed. 2015.
- ALMEIDA, L.C. e LOCH, R. Uma cartografia muito especial a serviço da inclusão social. **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário (COBRAC 2006)**, Florianópolis, UFSC, 15-19 out. 2006.
- COLE, H. **Multivalent Cartographic Accessibility: Tactile Maps for Collaborative Decision-Making**. Pensilvânia: The Pennsylvania State University, 2023.
- FERREIRA, M.; SILVA, L. **Construção de matrizes táteis pelo processo de prototipagem rápida**. IME, 2010.
- LIBÂNEO, J. **Pedagogia e pedagogos: inquietações e buscas**. Curitiba: UFPR, 2001.
- LOCH, R.N. Cartografia tátil: mapas para deficientes visuais. **Portal da Cartografia**, v. 1, n. 1, Florianópolis, 2008.
- LOCH, R.N. **Padronização de mapas táteis**: Um projeto colaborativo para inclusão escolar e social. Florianópolis, 2007.
- MANZINI, E. Inclusão e acessibilidade. **Revista da Sobama**, UNESP Marília, v. 10, p. 31-36, 2005.
- MARINO, Tiago Badre; XAVIER DA SILVA, Jorge; MATHIAS, Maria Augusta Siqueira. Plataforma Vicon SAGA: Um Instrumento de Apoio ao Mapeamento Colaborativo. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, Brasil, v. 13, n. 2, p. 121–140, 2023.
- MENEGUETTE, Arlete Aparecida Correia. Cartografia no século 21: revisitando conceitos e definições In: *Revista Geografia e Pesquisa*, Ourinhos, v.6, n.1, p. 6-32, 2012..
- MONMONIER, M. A comunicação cartográfica. In: ANDERSON, P.S. **Princípios de cartografia básica**. v. 1. Brasília, DF: Universidade de Brasília, Departamento de Geografia e História, 1981. (Série Princípios de Cartografia; caps. 1 a 7).
- NOGUEIRA, R.E.N. **Mapas Táteis Padronizados e Acessíveis na Web**. Instituto Benjamin Constant, 2009.
- REGIS, T.C.; NOGUEIRA, R.E. Contribuição para o ensino-aprendizagem de geografia: A padronização de mapas táteis. In: **14º Encontro de geógrafos da América Latina**: 'Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos', Lima, Peru, 2013.
- SENA, C. **Cartografia tátil no ensino da geografia**: Uma proposta metodológica de desenvolvimento e associação de recursos didáticos adaptados a pessoas com deficiência visual. São Paulo: USP, 2019.
- SENA, C.; CARMO, W. Cartografia tátil: o papel da tecnologia na educação inclusiva. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v. 99, 2018.
- SILVA, L.A.; VARGAS, K.B. Caminhos Biogeográficos no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. In: PINHEIRO, L.S.; GORAYEB, A. **Geografia Física e as Mudanças Globais**. Fortaleza: UFC, 2019a.
- SILVA, T.M.; SOUSA, G.M.; FOSSE, J.M.; SENA, C.R.G. Elaboração do mapa tátil dos caminhos biogeográficos Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). **Anais da V Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro**, 09 a 12 de novembro de 2020, Niterói, RJ: Geopartners, 2020. 1079p. <https://jgeotec.com.br/>
- VASCONCELLOS, R. **A cartografia tátil e o deficiente visual**: uma avaliação das etapas de produção e uso dos mapas. São Paulo: Universidade de São Paulo, Departamento de geografia, 1993.

CAPÍTULO 16

DESENVOLVIMENTO DE GEOTECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO: CRIANDO APLICATIVOS PARA MAPEAR PROBLEMAS AMBIENTAIS

Amanda Lacerda Reis¹

Francisco Carlos Moreira Gomes¹

Ana Carolina Lopes Thurler de Queiroz²

Manoel do Couto Fernandes¹

Paulo Márcio Leal de Menezes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Cidade Universitária. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Rio de Janeiro-RJ. Brasil. CEP: 21941-916. amandalacerda1703@gmail.com; franciscocarlosmoreiragomes@gmail.com; manoelcoutofernandes@gmail.com; pmlmenezes@gmail.com.

2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Departamento de Geografia. Rua São Francisco Xavier, 524 - Maracanã, Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 20550-013. Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro. carol.thurler@gmail.com.

RESUMO

A Geografia prepara os alunos para lidar com um mundo em constante mudança. Com o surgimento de novas geotecnologias, é imprescindível a promoção de uma educação digital. Esta pesquisa surge no desenvolvimento das novas tecnologias em sala de aula, criando um aplicativo que, por meio da geolocalização, consegue mapear os problemas ambientais da Zona Norte do Rio de Janeiro. Esse projeto foi desenvolvido com os alunos do ensino médio da Escola CADS - Acervo do Saber, os quais, participaram ativamente desse processo, contribuindo para uma abordagem participativa e colaborativa, na identificação e na resolução de questões ambientais, em suas comunidades. A integração dessas tecnologias visa, não apenas à capacitação dos alunos, no uso ético da tecnologia, mas também o fortalecimento de sua visão crítica e cidadã.

Palavras-chave: cartografia; geotecnologia; educação; tecnologia; aplicativo.

ABSTRACT

Geography prepares students to deal with a constantly changing world. With the emergence of new Geotechnologies, promoting digital education is essential. This research arises in the development of new technologies in the classroom, creating an application that, through location, can map environmental problems in the North Zone of Rio de Janeiro. This project was developed with high school students from CADS - Acervo do Saber, who actively participated in this process, contributing to a participatory and collaborative approach to identifying and solving environmental issues in their communities. The integration of these technologies aims not only to empower students in the ethical use of technology but also to strengthen their critical and civic vision.

Keywords: cartography; geotechnology; education; technology; application.

INTRODUÇÃO

A geografia é uma ciência que busca compreender e se adaptar às diversas mudanças tecnocientíficas ocorridas no mundo contemporâneo, desempenhando um papel primordial na formação da sociedade, conforme aponta Vesentini (2009). Com o surgimento de diversas Geotecnologias que auxiliam o professor de Geografia em sala de aula, foi necessária a atualização da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Brasil, 1996), passando a promover uma educação digital, desde o final de 2023. Isso garante a preparação dos alunos para a convivência social no mundo real e digital, perante as transformações já consolidadas e as mudanças que estão por vir.

Nesse sentido, a cartografia se encontra cada vez mais presente no cotidiano da sociedade. Diariamente, nos deparamos com representações cartográficas, que têm como função, representar o espaço e os fenômenos que ocorrem no mesmo, tornando assim o ensino-aprendizagem de cartografia indispensável nas escolas. No âmbito do ensino de cartografia, as geotecnologias se apresentam como ferramenta pedagógica capazes de despertar o interesse dos alunos, tornando as aulas interativas com o uso da tecnologia interessantes, ampliando as oportunidades de análise da dimensão espacial e da compreensão das dinâmicas de poder e da apropriação, sejam elas, concretas ou simbólicas, as quais permeiam os territórios (Silva *et al.*, 2019).

Entretanto, é necessário discernir cuidadosamente entre as diferentes formas de tecnologias disponíveis, investigando suas possibilidades e limitações. Levando em consideração a realidade de cada escola, que muitas vezes, enfrenta desafios como a falta de laboratórios de informática, a má conservação de equipamentos, a ausência de conexão com a Internet e as deficiências na formação dos profissionais da educação, tanto em cartografia quanto em informática.

As geotecnologias têm desempenhado um papel cada vez mais importante no ensino da geografia. Essas tecnologias, que envolvem o uso de sistemas de informação geográfica (SIG) e outros programas afins ao mapeamento e à análise espacial, permitem aos estudantes explorar, de forma mais dinâmica e interativa, os conceitos geográficos. Além disso, as geotecnologias também ajudam os alunos a desenvolver habilidades, como a interpretação de mapas. Ao incorporar diversas linguagens educativas, como a comunicação cartográfica e o uso de tecnologias geográficas, a educação atual, não apenas capacita os alunos a interpretar mapas de maneira eficiente, mas também os sensibiliza para a importância do conhecimento cartográfico, promovendo o desenvolvimento de habilidades específicas. Essa abordagem, não só desperta o interesse pela geografia, desde cedo, como também estabelece uma ligação prática entre o aprendizado teórico e a realidade vivenciada.

Assim, este trabalho tem, como propósito, apresentar uma iniciativa de integração de tecnologia em sala de aula, por meio do uso da cartografia, geotecnologias e programação. Nesse sentido, os alunos foram envolvidos na criação de um aplicativo autoral para *smartphones*, destinado ao mapeamento de problemas ambientais em seus bairros. O objetivo é engajá-los na identificação e localização desses problemas na comunidade, estimulando uma visão crítica e o exercício da cidadania, de forma mais integrada, em seus próprios bairros.

O estudo foi conduzido no colégio CADS - Acervo do Saber, localizado no bairro de Olaria, uma instituição tradicional, que oferece turmas do ensino fundamental II e médio. A escolha desse local para o mapeamento participativo foi estratégica, dada a sua proximidade com a Avenida Brasil e o principal mercado da região, o MegaBox. Essa área tem enfrentado desafios significativos, em termos de preservação ambiental, devido ao histórico de aterros e ao distanciamento da orla da Baía de Guanabara, desde a década de 1940, resultando em desequilíbrios ecológicos e inundações frequentes, durante períodos chuvosos intensos.

METODOLOGIA

A metodologia empregada na realização deste trabalho segue uma abordagem sistemática. Inicialmente, procedeu-se ao desenvolvimento de um aplicativo, em colaboração com os alunos, capaz de registrar tanto o tipo de ocorrência ambiental quanto sua geolocalização, com auxílio de *smartphones*. Em seguida, foi conduzida a coleta de dados pelos estudantes e o seu processamento e análise, por parte da equipe de pesquisa.

Desenvolvimento do aplicativo

Para o desenvolvimento do aplicativo, utilizou-se o programa *App Inventor 2*, voltado à criação de aplicativos móveis, desenvolvido pela Google. Este programa disponibiliza uma interface gráfica, que simplifica o processo de desenvolvimento de *software*, conhecida como *Low Code*, eliminando a necessidade de lidar com linguagens de programação convencionais.

A ideia por trás do *App Inventor* surgiu em 2009, liderada por uma equipe do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts). Embora o projeto original tenha sido descontinuado pelo MIT, em 2011, a Google assumiu e lançou uma nova versão, denominada *App Inventor 2*, em 2013. Desde então, o aplicativo tem sido amplamente adotado em contextos educacionais, servindo como uma ferramenta para o ensino de programação para jovens. Portanto, a escolha deste desenvolvedor se deu pela facilidade e potencialidade de produção tecnológica, dentro e fora da sala de aula.

Logo, a atividade na escola foi realizada em dias seguidos. À primeira visita, a abordagem pedagógica consistiu em apresentar os pesquisadores à turma, explicando quem eles eram, suas áreas de estudo, interesses e, por último, apresentando a ideia do projeto. Essa estratégia de provocação tem como objetivo criar um impacto sociopedagógico, estimulando os alunos a se identificarem com aspectos de sua vivência e a compreenderem o espaço em que estão inseridos. Durante essa visita, foi aplicado um formulário para coletar informações dos alunos e obter a autorização para o uso dos dados na aplicação para a pesquisa.

No segundo dia da atividade, dedicado ao desenvolvimento do aplicativo, os alunos foram organizados em grupos de 4 a 7 membros, a fim de iniciar a criação da aplicação, contando com a orientação do professor de Geografia da escola (Figura 3). O objetivo deste momento foi fomentar a integração mais eficiente da tecnologia, no ambiente escolar, capacitando os alunos para serem produtores de tecnologia, não apenas consumidores.

Durante a oficina de mapeamento, cada grupo teve acesso a um computador, fornecido pelo laboratório de Cartografia, da Universidade Federal Rio de Janeiro (GeoCart-UFRJ), uma vez que a escola não dispõe de laboratório ou de equipamentos eletrônicos, para acompanhar o desenvolvimento da aplicação, de forma sincronizada, enquanto o pesquisador fornecia explicações. Os alunos foram especialmente incentivados a compreender os conceitos relacionados aos problemas ambientais que seriam mapeados, assim como a entender o espaço e o contexto em que vivem. Cada grupo demonstrou habilidade, ao criar seu próprio aplicativo e nomeá-lo conforme sua realidade (Figura 1). É notável que todos os grupos escolheram abordar os mesmos problemas ambientais, reconhecendo que, embora provenham de bairros distintos, compartilham de uma mesma realidade geográfica.



FIGURA 1 - Realização da oficina para a construção do aplicativo. Elaboração própria.

Coleta e tratamento dos dados

Após a finalização da construção do aplicativo, os alunos foram solicitados a iniciar o mapeamento das ocorrências ambientais, utilizando os aplicativos desenvolvidos durante as aulas. A coleta de dados foi realizada ao longo de sete dias, estimulada por uma campanha realizada pela escola e pelos pesquisadores, para motivar os alunos a usarem o aplicativo nos locais que observassem a ocorrência de problemas ambientais. Esta campanha englobou a exibição de *banners* distribuídos na sala de aula dos alunos que participaram da atividade e o envio de e-mails, para aqueles que forneceram seus contatos no formulário.

A interface do aplicativo criada pelos alunos, permitiu que os discentes fossem capazes de registrar os locais onde identificaram problemas ambientais, coletando o tipo de evento e suas coordenadas fornecidas pelo *smartphone*, que, ao final, eram automaticamente enviados para o sistema de banco de dados on-line da Google Firebase. Por fim, com o término do período de testes, os registros levantados pelos alunos foram exportados e analisados, criando gráficos e quadros.

RESULTADOS

Foram criados pelos alunos, quatro versões diferentes da aplicação (Figura 2), as quais, em meio aos debates dos grupos, geraram *designs* diferentes para a aplicação. Ao analisar as interfaces, observa-se que todas cumprem a proposta, mas se diferem da maneira como são apresentadas. E neste processo, os alunos, tidos como mais “difíceis” em sala de aula, com relação à disciplina, se apresentaram como os mais engajados, experimentando outras funcionalidades, como a tentativa de colocar imagem de fundo e experimentar cores (Figura 2). Demonstrando de certa forma, como a introdução de geotecnologias e de seu desenvolvimento autoral, por parte dos alunos, tem a capacidade de estimular a participação dos discentes.

No processo de levantamento de dados, ao todo, foram registradas 32 ocorrências, pelos estudantes, no período de sete dias, levando em consideração que a turma, ao todo, possui 25 alunos, ocorreu o registro médio de 1,28 denúncia/aluno, em sala de aula. Essa outra informação é interessante, à medida que a atividade tem um carácter de ser realizada, parte em sala de aula, parte fora da escola; sendo que essa segunda, nem sempre é cumprida, e os números demonstram que ocorreu uma maior participação dos alunos fora da sala de aula.

Ao espacializar essas ocorrências, foi observado que a maioria dos registros encontrados se localizou em bairros adjacentes à escola, sendo um ponto destoante com sua incidência fora da cidade do Rio de Janeiro, na região de Maricá. Uma possível explicação para o deslocamento desta ocorrência, é o aluno ter viajado e marcado o ponto durante esse período de traslado. Com relação à distribuição dos tipos de ocorrência (Figura 3A), foi verificado que os casos de descarte irregular do lixo são os mais recorrentes, registrados pelos alunos nos bairros de Olaria, Ramos, Penha, Vila da Penha e Cavalcanti. Em seguida, as situações mais recorrentes são respectivamente os casos de esgoto a céu aberto e poluição do ar, sendo presente em todos os bairros, onde foram notadas as ocorrências (Figura 3B).

De maneira geral, mesmo com um universo amostral relativamente reduzido (de apenas 25 alunos), foi possível observar, na turma, o impacto positivo do trabalho realizado com o uso e desenvolvimento de geotecnologias por parte dos alunos. Destacando que, embora todos tenham utilizado o aplicativo para abordar os problemas ambientais, de maneira relativamente igualitária, cada grupo conseguiu se destacar na criação de seu próprio aplicativo. Por exemplo, na Figura 2, o segundo aplicativo adicionou uma imagem ao fundo de um personagem que eles gostam, enquanto o aplicativo 1 preferiu seguir uma abordagem monocromática e aderir aos padrões da oficina mostrada. Isso leva à conclusão de que, apesar dos temas semelhantes, a turma apresentou autenticidade, na maneira como abordou a aplicação em geografia.

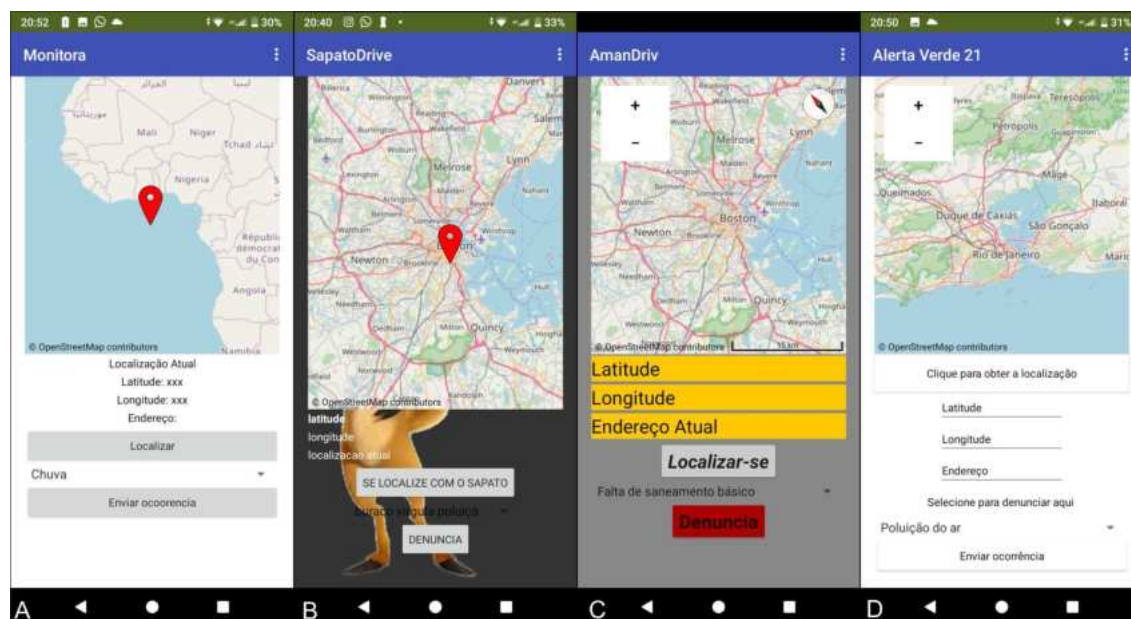


FIGURA 2 - Os aplicativos dos grupos feitos em sala de aula. Elaboração própria.

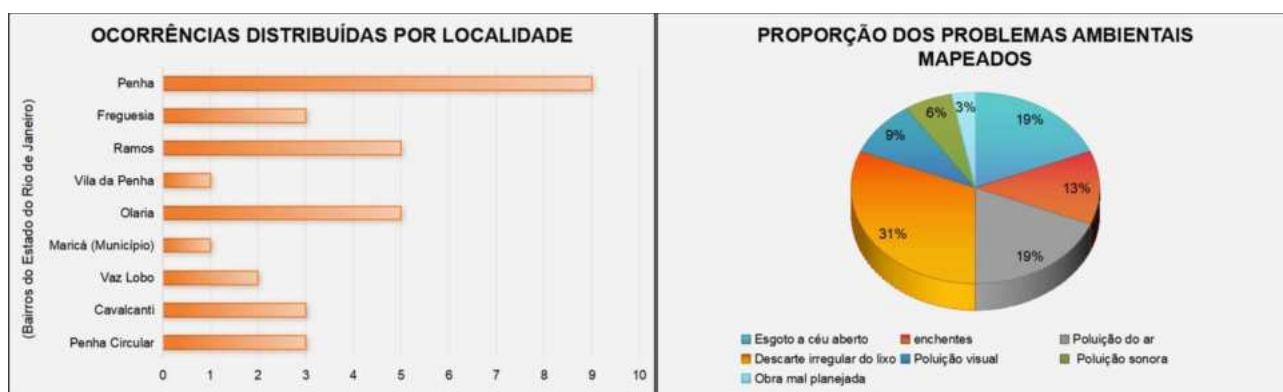


FIGURA 3 - A) gráfico dos pontos de ocorrências marcados pelos alunos. B) gráfico com a porcentagem dos problemas ambientais identificados. Elaboração própria.

Os dados coletados mostram que os alunos foram capazes de utilizar a interface do aplicativo para marcar pontos de denúncia, coletando suas coordenadas de geolocalização, por meio do desenvolvimento de um aplicativo criado por eles. Logo, a análise das respostas dos estudantes reflete a compreensão dos conceitos básicos de cartografia, como as coordenadas e o uso do mapa da aplicação; paralelamente, esses conhecimentos são aplicados ao desenvolvimento de suas aplicações, em conjunto com outros conhecimentos transversais, para a identificação e o mapeamento de problemas ambientais, em suas comunidades.

CONCLUSÕES

Inicialmente, foi enfatizada a abordagem crítica da geografia, na compreensão da realidade, e destacando a sua relevância para o desenvolvimento de cidadãos conscientes e aptos a lidar com as mudanças sociais e ambientais. Nesse contexto, a crescente presença das tecnologias na vida cotidiana torna essencial que o processo educacional incorpore e oriente os alunos, no uso ético e consciente dessas ferramentas.

Em seguida, foi apresentada a integração às novas tecnologias ao ensino de cartografia, na educação básica, por meio da criação pelos alunos de uma aplicação, para mapear problemas ambientais, em seus entornos. O objetivo era combinar aspectos geográficos, com a apropriação tecnológica, pelos próprios alunos, transformando-os de consumidores passivos em produtores de tecnologia.

Uma das principais dificuldades do ensino apoiado por ferramentas de geotecnologia está na falta de estrutura das escolas. Essas, muitas vezes, não têm espaços adequados e nem computadores, necessários para executar os programas, além de enfrentar os problemas de acesso à Internet de alta velocidade. Mesmo quando essas condições são atendidas, ainda há a questão da formação dos professores, que, muitas vezes, não estão preparados para utilizar efetivamente essas tecnologias em suas aulas. Isso reflete uma lacuna na formação inicial dos professores, que precisam buscar capacitações adicionais, a fim de lidar com essas ferramentas. Além disso, muitos programas e aplicativos não são adequados para serem usados em sala de aula, pois foram desenvolvidos para outros fins, como atividades técnicas ou de entretenimento. Por isso, é essencial que os professores tenham um papel cuidadoso, na escolha e na adaptação dessas ferramentas, de modo a contornar esses desafios. Isso ressalta a importância de um planejamento sólido e focado, ao usar geotecnologias, como parte da estratégia de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, é possível destacar as potencialidades do uso do App Inventor para o desenvolvimento de geotecnologias, como ferramenta educacional, no ensino da geografia, somando-se à possibilidade de os estudantes se tornarem agentes ativos, na identificação e solução de problemas em suas comunidades, contribuindo para uma abordagem participativa e colaborativa dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Presidência da República. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)**. Brasília, DF: D.O.U, 15 ago. 2018. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm
- BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996**. Brasília: D.O.U., v. 134, n. 248, 23 dez 1996. p. 27833-27841.
- MOREIRA, R. A geografia e o desafio teórico-técnico do nosso tempo. *In*: SILVA, C.A. da; LEITE, E.F. (org.). **Cartografia & geotecnologias: conceitos e aplicações**. 1. ed. Porto Alegre, 2023. <https://totalbooks.com.br/cartografia-geotecnologias>
- SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- SILVA, E.B. da; SANTOS, R.L.; SOUZA, V.C. de; SANTOS, A.M. dos. Uso de plataformas online para o ensino de Geografia: LapiG Maps. **Terra Plural**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 440–450, 2019. <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13278>
- VESENTINI, J.W. **Repensando a geografia escolar para o século XXI**. São Paulo: Plêiade, 2009.

CAPÍTULO 17

DESENVOLVIMENTO DE MAQUETES EM REALIDADE AUMENTADA (RA) PARA DISSEMINAÇÃO DO ENSINO DE GEOCIÊNCIAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Jéssica Pinheiro Nunes¹

Gabriel da Rosa Bragança¹

Thallyta Shigeko Kobayashi Lameu¹

Beatriz de Almeida Nóbrega¹

Gustavo Mota de Sousa¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Geografia. Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA). BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. jessicapnunes6@gmail.com; gdarosabraganca@gmail.com; lameu.thallyta@gmail.com; beatrizanobrega@gmail.com; gustavoms@ufrj.br.

RESUMO

O presente trabalho pretende relatar o processo de desenvolvimento de três aplicativos de realidade aumentada (RA) para Android, desenvolvidos em pesquisas de iniciação científica e tecnológica, no Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA) através da utilização de programas como o QGIS, Unity e Vuforia, e de dados vetoriais e matriciais, obtidos gratuitamente. Com o objetivo representar diferentes paisagens do Estado do Rio de Janeiro, por meio de maquetes em RA, como uma maneira de integrar o ambiente virtual ao ambiente de ensino. Os aplicativos trazem maquetes e informações sobre limites municipais, rodovias, hidrografia, uso e cobertura da terra, solos, unidades de conservação, geologia e geomorfologia das áreas do Maciço do Gericinó Mendanha, do Parque Nacional do Itatiaia e do Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro. Para visualizá-las, é necessário apontar a câmera do dispositivo para o respectivo QR code; ao apontar para marcadores físicos, o dispositivo captura a imagem e a transmite para o programa de RA que faz com que a maquete apareça na tela e permita interações, como a visualização da legenda e das informações adicionais.

Palavras-chave: realidade aumentada; ensino de geociências; maquetes; educação.

ABSTRACT

The present work intends to report the development process of three augmented reality (AR) applications for Android, developed in researches for scientific and technological initiation at the Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA) through the use of softwares like QGIS, Unity and Vuforia, and open vector and matrix data. The objective of this project was to represent different landscapes of the State of Rio de Janeiro through AR scale models, as a way of integrating the virtual environment into the teaching environment. The applications provide scale models and information about Municipal Limits, Highways, Hydrography, Land Use and Coverage, Soils, Conservation Units, Geology and Geomorphology of the areas of the Maciço do Gericinó Mendanha, the Itatiaia National Park and the Metropolitan West of Rio de Janeiro. To visualize the models one needs to aim the camera of their mobile at the corresponding QR code, at which point the device will capture and transmit the image to the AR software that then shows the model onscreen and allows interactions such as viewing the legend and additional information.

Keywords: augmented reality; teaching geosciences; scale models; education.

INTRODUÇÃO

Desde o início da pandemia do COVID-19, rotinas cotidianas foram afetadas, principalmente, a acadêmica, e, como forma de suprir as necessidades da educação, buscou-se alternativas virtuais, aumentando assim o uso da tecnologia, no dia a dia da sociedade. Diante disso, a implementação de novas tecnologias, no meio educacional e cultural, está cada vez mais comum, principalmente, pelo fato de existir uma busca maior por informação consistente e precisa.

O aumento do uso da tecnologia impacta diretamente na educação e na maneira de transmitir o conhecimento, visto que proporciona a aproximação e o diálogo, entre diversas áreas da ciência, unindo maquinários e técnicas, beneficiando diferentes temáticas de estudos. Os dispositivos eletrônicos, comumente utilizados diariamente, além de se tratar de uma tecnologia que promove a aproximação, diálogo e união, também podem ser empregados de diferentes maneiras, como, por exemplo, coletor de dados, por meio do manuseio de mapas, para melhor observação e compreensão, além das tecnologias imersivas, como a realidade virtual (RV) e a realidade aumentada (RA) (Santos, *et al.*; 2016).

Este trabalho tem, como objetivo, apresentar os aplicativos gerados, diante da necessidade da educação em transmitir conhecimento remotamente, utilizando de instrumentos tecnológicos. De acordo com Richter, Sousa e Seabra (2012), o uso das ferramentas tecnológicas tende a ampliar a compreensão dos conteúdos, ressignificar os processos de aprendizagem, além de despertar a sensibilidade para o conhecimento visual.

Para o desenvolvimento de tais aplicativos, a tecnologia adotada foi a RA, permitindo a elaboração de maquetes tridimensionais de formas de relevo distintas, permitindo um melhor entendimento da perspectiva, por meio do olhar cartográfico e geomorfológico, além de permitir a construção de atividades com a utilização de dispositivos eletrônicos, para o debate sobre as questões das geotecnologias no ensino.

A RA é descrita por Azuma (1997), como sendo uma mistura do mundo real com o objeto virtual, onde você consegue interagir com os dois mundos (virtual e real), com o propósito de melhorar as habilidades e os sentidos dos seus usuários. Por ser considerada um agente transformador nas práticas de ensino, também foi pensada para facilitar o cotidiano da sociedade moderna. Desta forma, a mistura desses dois elementos permite que se tenha êxito nos conceitos apresentados em sala de aula, fazendo com que sejam assimilados mais facilmente, por meio da utilização de *smartphones* ou de *tablets*, de acordo com a tecnologia em questão.

METODOLOGIA

A pesquisa teve início com o levantamento bibliográfico e de pesquisa, sobre as ferramentas utilizadas para construção de maquetes 3D, em RA, com o propósito de gerar uma ferramenta didática para o ensino das geociências. Os três aplicativos desenvolvidos seguiram a metodologia apresentada na Figura 1, onde é necessário definir a área de estudo que será modelada. Depois, são obtidos os dados necessários para a construção das maquetes. Os dados são analisados e elaborados em mapas utilizando o sistema de informação geográfica (SIG) QGIS. Por fim, o aplicativo é construído com os programas Unity e Vuforia.

Como mencionado anteriormente, os mapas temáticos foram construídos utilizando o SIG QGIS, com a inserção de dados cartográficos vetoriais, oriundos da base cartográfica contínua do IBGE (2021a), em escala 1:250.000 (BC250), para os dados referentes a limites municipais e estaduais, rodovias e hidrografia; já os dados referentes a unidades de conservação e sobre o uso e cobertura do solo, foram adquiridos do Portal GeoINEA (INEA, 2018), ICMBIO (2020) e MapBiomias (2021). Os dados dos solos da região foram extraídos do GeoInfo (EMBRAPA, 2016) e Embrapa Solos (2020). Os dados vetoriais sobre geologia e geomorfologia foram obtidos no Banco de Dados de informações Ambientais - BDIA (IBGE, 2021b). O relevo foi adquirido do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM, disponibilizado pela NASA, via complemento SRTM *Downloader*, no SIG QGIS.

Com isso, foram gerados oito mapas temáticos, com auxílio do SIG QGIS, a partir dos dados vetoriais descritos acima. Os mapas temáticos elaborados foram: limites municipais, rodovias, hidrografia, geologia, geomorfologia, solos, unidades de conservação e uso e cobertura do solo. A partir dos mapas temáticos, foram gerados os modelos 3D (maquetes), com o complemento Qgis2threejs, aplicando um exagero vertical de valor 2. Por fim, as maquetes são exportadas no formato glTF.

CONFECCÃO DE MAQUETES EM RA

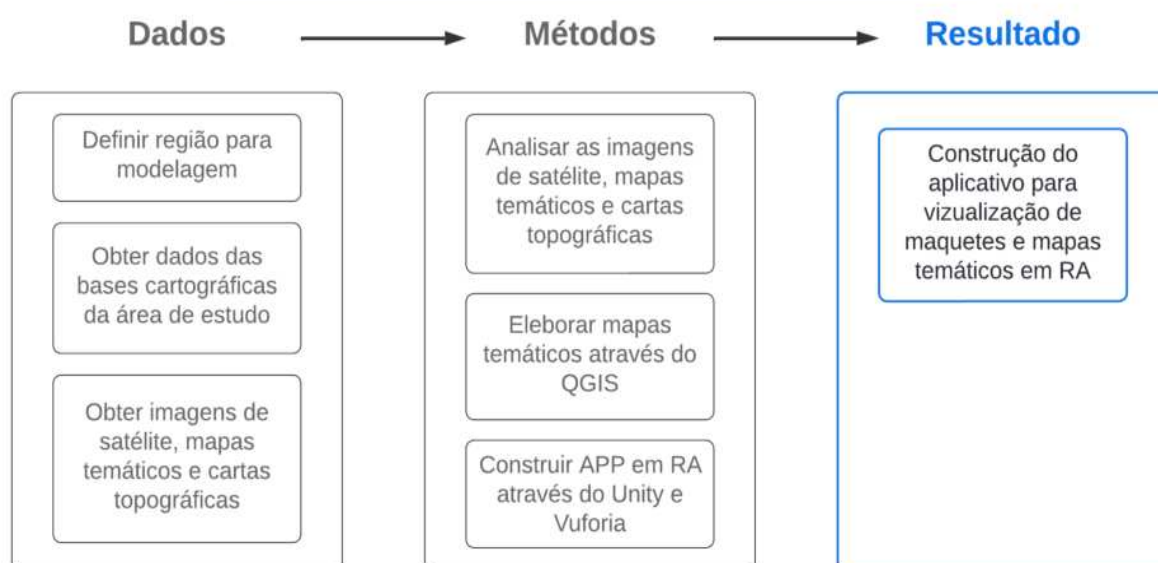


FIGURA 1 - Fluxograma metodológico de trabalho. Elaboração própria.

A construção do aplicativo em RA começa com a utilização do Vuforia, que é um *kit* de desenvolvimento de *software* (SDK), que permite a criação de aplicativos em RA, que utiliza a câmera do *smartphone* para reconhecer e rastrear imagens e objetos, em tempo real. O Vuforia foi utilizado para reconhecer marcadores no mundo real, que servem de base para o posicionamento e a orientação dos objetos virtuais. Na Figura 2, são exibidos os dois marcadores utilizados nos projetos: o marcador da Figura 2A foi utilizado no Mendanha RA e PARNA Itatiaia RA, enquanto que o marcador da Figura 2B foi utilizado no OMRJ RA.

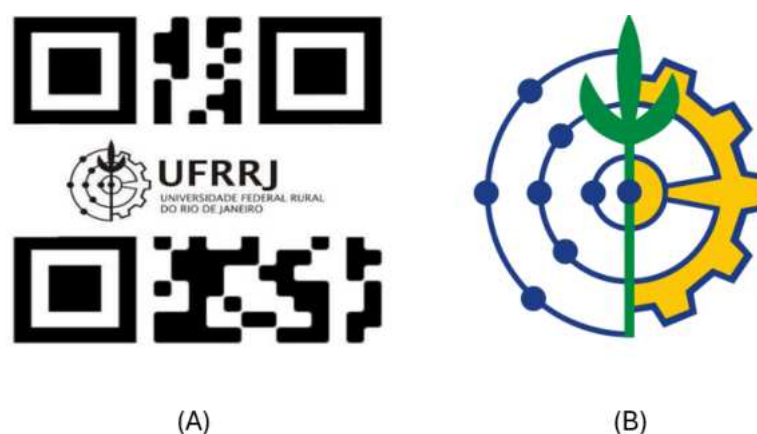


FIGURA 2 - Marcadores utilizados pelos aplicativos. Elaboração própria.

A última etapa da construção do aplicativo utiliza o Unity, uma plataforma para desenvolvimento de jogos, 2D e 3D, aplicações de RA e RV. Primeiramente, o Vuforia deve ser importado para o projeto Unity, que servirá para posicionar o marcador no ambiente de desenvolvimento (Figura 3). As maquetes devem ser posicionadas, de forma que fiquem sobrepostas ao marcador. Os arquivos glTF, gerados pelo QGIS, são importados com o complemento UniGLTF. Dentro do Unity, são criadas diferentes cenas para cada maquete. São utilizados *scripts* em C#, editados no Microsoft Visual Studio, para realizar diversas funções: avançar para próxima cena, voltar, mais informações etc.

Depois de finalizar as cenas, a Unity utiliza o *Gradle*, para criar a aplicação Android, obtendo um arquivo APK (*Android Application Package*), destinado à instalação em dispositivos com o sistema operacional Android. A Figura 3 mostra o fluxograma do processo de desenvolvimento da aplicação.



FIGURA 3 - Fluxograma do desenvolvimento dos aplicativos. Elaboração própria.

RESULTADOS

As aplicações Android “Mendanha RA”, “PARNA Itatiaia RA” e “OMRJ RA” foram disponibilizadas para *download* público, no *website* oficial do Grupo de Pesquisa em Cartografia e Modelagem de Dados Ambientais, que faz parte do Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA-UFRRJ): <https://ligacart.ufrrj.br/realidade-aumentada/>. Os marcadores necessários para visualização das maquetes em RA estão disponíveis nessa mesma página e também podem ser acessadas na tela inicial dos aplicativos; podem ser impressos para uso off-line ou para serem posicionados como for mais conveniente, ou ainda, visualizados na tela do computador, simplesmente, apontando a câmera do celular para eles, após selecionar a maquete temática desejada, no menu de mapas (Figura 2).



FIGURA 4 - Menus dos aplicativos Mendanha RA, PARNA Itatiaia RA e OMRJ RA, respectivamente. Elaboração própria.

Cada botão do menu irá abrir a cena correspondente a uma maquete distinta, e nessas cenas é possível acessar informações relacionadas aos elementos que compõem os mapas temáticos, além da legenda. A seguir, seguem as maquetes dos Limites Municipais do Mendanha RA, PARNA Itatiaia RA e OMRJ RA (Figura 3).



FIGURA 5 – Maquetes: A) Mendanha RA; B) PARNA Itatiaia RA; C) OMRJ RA. Elaboração própria.

Adicionalmente, nos aplicativos Mendanha RA e OMRJ RA, ao tocar nas toponímias sobrepostas às maquetes, o usuário é redirecionado à página do IBGE Cidades (Figura 6), onde é possível obter informações atualizadas do respectivo município, sobre população, trabalho e rendimento, educação, economia, saúde, meio ambiente, território, entre outros. Já o PARNA Itatiaia apresenta *cards* com informações, que são acessadas por meio de botões separados das toponímias.

Em sala de aula, algumas atividades podem ser aplicadas, voltadas para as temáticas dos aplicativos. Um exemplo de aplicação é o questionário (Figura 7), elaborado para o “Mendanha RA”, incluindo 16 perguntas, referentes às maquetes apresentadas na aplicação de RA. As questões são voltadas, principalmente, para a percepção e a interpretação do aluno, a partir dos dados apresentados, tais como: localização de um rio, extensão territorial, índice populacional, interpretação de cores e símbolos, entre outros.

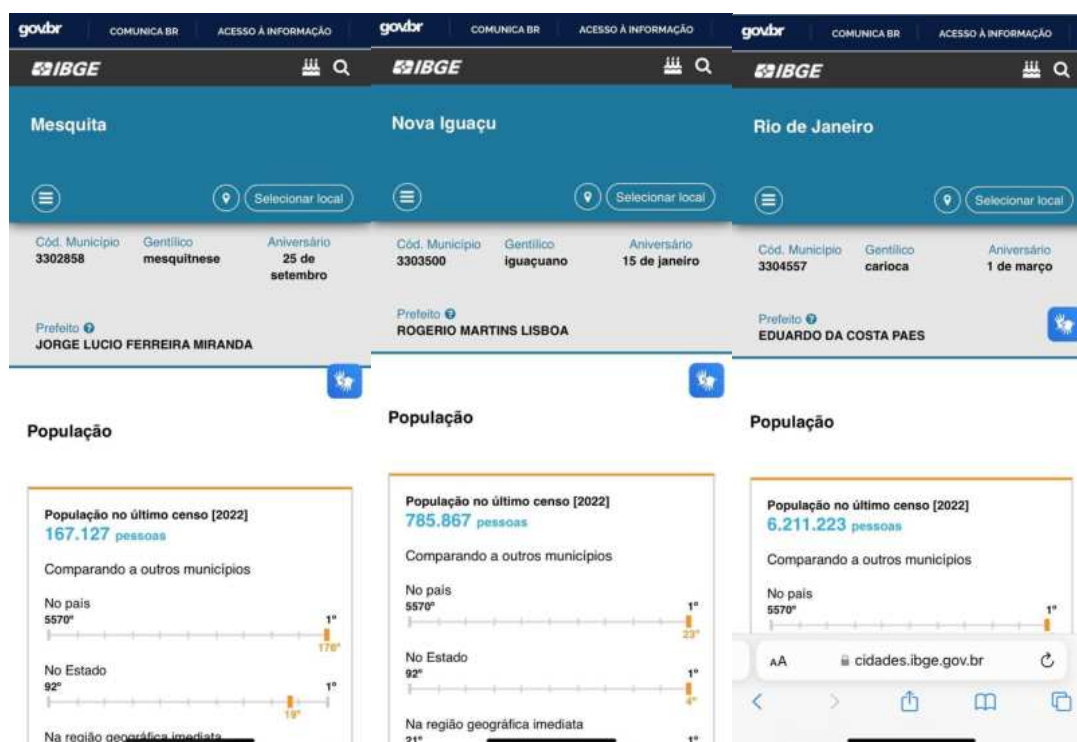


FIGURA 6 - Página do IBGE Cidades com informações sobre os municípios que compõem o Maciço do Gericinó-Mendanha (Mendanha RA). Fonte: IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>).

Atividade sobre o aplicativo Mendanha RA

- Observe o mapa de limites municipais e compare as informações dos municípios, segundo o que foi analisado, qual município apresenta o maior índice de população estimada?

☐ Seropédica ☐ Nova Iguaçu ☐ Rio de Janeiro ☐ Nilópolis
- Ainda segundo o mapa dos limites municipais e as informações dos municípios, qual município apresenta a menor extensão em área territorial?

☐ Nilópolis ☐ Seropédica ☐ Queimados ☐ Mesquita
- Qual rodovia federal faz ligação entre as rodovias BR 101 e BR 116?

☐ RJ 081 ☐ BR 465 ☐ RJ 105 ☐ RJ 465
- Qual rodovia passa pelos municípios de Seropédica, Queimados e Nova Iguaçu?

☐ BR 465 ☐ RJ 105 ☐ BR 116 ☐ RJ 081
- De acordo com o mapa de hidrografia, qual rio está no limite do município de Seropédica?

☐ Rio Ipiranga ☐ Rio Guandu ☐ Rio Capenga ☐ Rio dos Poços
- Em que município se encontra o Rio Botas?

☐ Mesquita ☐ Queimados ☐ Nilópolis ☐ Nova Iguaçu
- Segundo o mapa de uso e cobertura do solo, quais classes estão inseridas no município de Nilópolis?

☐ Campo/Pastagem, Urbano, Vegetação Secundária em Estágio Inicial ☐ Urbano, Vegetação Secundária em Estágio Inicial, Solo Exposto

☐ Campo/Pastagem, Urbano ☐ Campo/Pastagem, Agricultura, Áreas Úmidas
- Qual classe se encontra em maioria dentro do mapa de uso e cobertura do solo?

☐ Vegetação Secundária ☐ Urbano ☐ Campo/Pastagem ☐ Reflorestamento
- Segundo o mapa de solos, quais solos são encontrados dentro do município de Queimados?

☐ Planossolo solodico, Glei Humico alio ☐ Planossolo alio, Podzólico Vermelho-Amarelo olico, Podzólico Vermelho-Amarelo distrofico

☐ Podzólico Vermelho-Amarelo olico, Podzólico Vermelho-Amarelo distrofico ☐ Planossolo solodico, Podzólico Vermelho-Amarelo olico, Podzólico Vermelho-Amarelo distrofico
- Segundo o mapa de solos, qual a maior classe de solos dentro do município de Seropédica?

☐ Glei Humico alio ☐ Área Urbana ☐ Planossolo solodico ☐ Planossolo alio
- Segundo o mapa das unidades de conservação, a APA do Rio Guandu engloba quais municípios?

☐ Seropédica, Nova Iguaçu ☐ Queimados, Rio de Janeiro, Nova Iguaçu

☐ Seropédica, Nova Iguaçu, Mesquita ☐ Seropédica, Queimados, Nova Iguaçu

12. O Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu está localizado em quais municípios?

☐ Nova Iguaçu, Mesquita, Nilópolis ☐ Nova Iguaçu, Mesquita

☐ Nova Iguaçu, Mesquita, Rio de Janeiro ☐ Nova Iguaçu

13. Segundo o mapa de geologia, o que pode ser encontrado no município de Seropédica?

☐ Unidade Rio Negro, Sedimentos Fluviais ☐ Sedimentos Fluviais

☐ Corpo Hídrico ☐ Unidade Rio Negro, Corpo Hídrico

14. Ainda segundo o mapa de geologia, qual estrutura se encontra em maioria no município de Nova Iguaçu?

☐ Unidade Rio Negro ☐ Rochas Alcalinas

☐ Sedimentos Fluviais ☐ Corpo Hídrico

15. No mapa de geomorfologia, qual formação se encontra em maioria?

☐ Morros ☐ Serras Escarpadas

☐ Planícies fluviais e flúvio-marinhas ☐ Serras isoladas e locais

16. Ainda no mapa de geomorfologia, no município de Seropédica podemos observar:

☐ Morros ☐ Planícies fluviais e flúvio-marinhas e cordões arenosos, dunas e restingas

☐ Serras Escarpadas ☐ Somente Planícies fluviais e flúvio-marinhas

FIGURA 7 - Atividade educacional sobre o aplicativo Mendanha RA. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Como foi possível observar, a RA vem se mostrando como uma ferramenta com um enorme potencial, principalmente, no ramo da educação, devido à sua praticidade, interatividade e baixo custo.

As maquetes desenvolvidas são uma forma de representação da paisagem e de suas diferentes dinâmicas, além de mostrar locais do Estado do Rio de Janeiro, diferentemente de como são vistos nos livros didáticos. Pois, quando o Rio de Janeiro é abordado nesses materiais, observa-se uma preferência de uma imagem romantizada da cidade, como fotografias do Cristo Redentor, do Pão de Açúcar, da Praia de Copacabana, entre outros locais da Zona Sul.

Com isso, faz-se importante trazer referências de locais próximos da realidade dos alunos de regiões periféricas, como a Baixada Fluminense, pois isso é capaz de tornar a aprendizagem mais significativa e envolvente, reafirmando a noção de pertencimento do estudante com o local em que vive e interage.

Além disso, virtualizar as maquetes, com auxílio da RA, é uma alternativa para que os alunos não fiquem dependentes dos espaços tradicionais de ensino, como as salas de aula e os laboratórios, pois através dos aplicativos apresentados, podem ter acesso ao conteúdo de forma imediata, em suas casas, com a utilização de *smartphones* ou *tablets*. Desta forma, integrar o mundo real com o virtual possibilita maior autonomia para o usuário.

Por fim, os aplicativos podem ser trabalhados em sala de aula, visando a interpretação das legendas dos mapas, a visualização da hidrografia e das suas dinâmicas, o conceito de limites, as diferentes geomorfologias observadas no relevo, o estudo dos solos, e até mesmo as relações entre sociedade e natureza, como forma de trabalhar a conscientização ambiental do aluno, uma vez que, para se preservar, é necessário o conhecimento desses ambientes e paisagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZUMA, R. A survey of augmented reality. **Presence**, v. 6, p. 355-385, 1997.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Classificações dos Solos**. 2020. http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasileir_solos_5m_20201104
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **GeoInfo**. 2016. <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/maps/461>
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Banco de Dados de informações Ambientais - BDIA**. 2021b. BDIA - Banco de Dados e Informações Ambientais. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/23382-banco-de-informacoes-ambientais.html>
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Base cartográfica contínua do Brasil em escala 1:250.000 - BC250**. 2021a. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-emapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=acesso-a-produto>
- ICMBIO. **Limites das Unidades de Conservação Federais**. 2020. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/servicos/geoprocessamento/mapa-tematico-edados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais/mapa-tematicoe-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais>
- INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Portal GeoINEA**. 2018. https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2_c34acd9ed
- MAPBIOMAS. **Uso e Cobertura da Terra**. 2021. <https://brasil.mapbiomas.org/download>
- RICHTER, M.; SOUSA, G.M. de; SEABRA, V.S. O Desafio do Ensino das Geotecnologias. In: CARDOSO, C.; OLIVEIRA, L.D. **Aprendendo Geografia**: reflexões teóricas e experiências de ensino na UFRRJ. 1. ed. Seropédica: EDUR, 2012. p. 64-75.
- SANTOS, I.; HENRIQUES, R.; MARIANO, G.; PEREIRA, D.I. Metodologias para representar e promover o patrimônio geológico utilizando VANT'S, tecnologia multimídia e realidade aumentada. In: **I Seminário Internacional UAV**, jan. 2016.

CAPÍTULO 18

GEOTECNOLOGIAS E LUDICIDADE: O USO DE STORYMAPS NO ENSINO FUNDAMENTAL

Fabiana Peres de Freitas ¹

Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella ²

Iara Silveira do Nascimento ³

Camila Nascimento Alves da Silva ⁴

André Souza Silva Junior ⁵

Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza ⁶

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Bolsista TCT N4 (FAPERJ). fabianafreitas.ufrj@gmail.com.
2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Bolsista TCT N5 (FAPERJ) mdarrochella@gmail.com.
3. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Pós-Doutoranda em Geografia e Professora Substituta de Cartografia e Geoinformação. iarsn.geo@gmail.com.
4. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Graduanda de Licenciatura em Geografia. Bolsista IC (FAPERJ). camilanascimentoalves12@gmail.com.
5. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Graduando em Licenciatura em Geografia. andresouzagerdau@gmail.com.
6. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Professora Adjunta do Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, bl. I, sl. 12. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ, Brasil. elizabethmfr@gmail.com.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo discutir o uso dos StoryMaps, nos anos finais do ensino fundamental, utilizando como referência, a aplicação do StoryMaps "O que eu vejo da minha janela", contribuindo, dessa forma, para novas práticas no ensino de geografia, principalmente, relacionadas à utilização de atividades lúdicas e que possibilitam maior interdisciplinaridade. O StoryMaps foi produzido, a partir das habilidades e competências da BNCC (2018), para o ensino de geografia, no sexto ano do ensino fundamental, e aplicado em uma escola da rede pública estadual, com a expectativa de avaliar o uso do StoryMaps, em sala de aula, como recurso geotecnológico para o ensino de geografia.

Palavras-chave: geoinformação; StoryMaps; geotecnologias.

ABSTRACT

The present work aims to discuss the use of Storymaps in the final years of Elementary School, using as a reference the application of StoryMaps "What I see from my window", thus contributing to new practices for Geography Teaching, mainly related to use of playful activities that enable greater interdisciplinarity. StoryMaps was produced based on the skills and competencies of BNCC (2018) for teaching Geography in the sixth year of Elementary School and applied in a state public school with the expectation of evaluating the use of StoryMaps in the classroom as a resource geotechnology for teaching Geography.

Keywords: geoinformation; StoryMaps; geotechnologies.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho está associado ao projeto *A Geoinformação nos une, vamos aprender com ela?*. O projeto introduz a geoinformação, como diretriz no ensino da geografia, a transformando em um elo para ampliar a capacidade de percepção e reflexão sobre o ambiente. A geoinformação está presente em toda representação do espaço e permite ampliar o dinamismo e a participação dos atores envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, do ensino básico ao superior. Uma importante ferramenta para aplicação de atividades lúdicas para os anos finais do ensino fundamental.

Desde o início da nossa infância, brincar é uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento motor, cognitivo e social (Vasconcelos, 1987). O período da infância, segundo o Estatuto da Criança e do Adolescente, ECA (Lei n. 8.069/90), se estende do nascimento até os 12 anos, mas sabemos que, mesmo as etapas de desenvolvimento cognitivo (Piaget, 1970) não são exatas, fazendo com que cada indivíduo tenha uma velocidade diferente de amadurecimento, principalmente, no âmbito social (Qvortrup, 2010).

Na adolescência, período seguinte, antes de nos tornarmos adultos perante a lei, de acordo com Palácios (1995), é a fase em que o jovem ocidental ainda deve estar no sistema escolar, dependem de seus pais, numa transição de um sistema de apego, dividido entre família e amigos, para um apego sexual e amoroso por outra pessoa, que se insere em um grupo de cultura etarista, com hábitos e inquietudes próprios. No entanto, a brincadeira, tão presente na infância, não se esvai na adolescência, ela apenas é transmutada para jogos (de tabuleiro ou eletrônicos), piadas e esportes (Ferreira, 2000).

Podemos dizer que o ensino fundamental brasileiro é a etapa de estudo da infância por excelência, mas que abarca o início da adolescência, portanto, pensar no processo de ensino e aprendizagem passa, obrigatoriamente, pela compreensão da necessidade de propostas didáticas, que tenham um caráter lúdico, que permita o despertar em “um mundo de curiosidade e aprendizagem” (Sgarbi; Mota, 2022, p. 2). Os autores complementam:

O ato de brincar é importante, é terapêutico, é prazeroso, e o prazer é ponto fundamental da essência do equilíbrio humano. Podemos dizer que a ludicidade é uma necessidade fundamental (...), além de ser uma carência interior, tanto da criança quanto do adulto. Por essa razão, o lúdico deve ser levado a sério dentro do cotidiano escolar e no desenvolvimento infantil, uma vez que sua utilização torna o ato prazeroso e complexo, e que não pode ser definido simplesmente como o ato de brincar. (Sgarbi; Mota, 2022, p. 3)

Quando pensamos na educação escolar pública, oferecida por redes estaduais e municipais de ensino, automaticamente, pensamos na precariedade de infraestrutura e, na maioria das vezes, as únicas ferramentas didáticas que os professores têm, são o quadro e o livro didático. Silva (2012, p. 806) enfatiza que “as editoras de livros didáticos, por sua vez, oferecem um produto voltado, principalmente, para se adaptar a esta realidade precária vivenciada pelos professores brasileiros”. O autor ainda relembra que, no Brasil, existe o Programa Nacional do Livro Didático, mas que, em maioria, para manter uma ideia de qualidade, os livros se apresentam como meros manuais.

A busca por materiais que possam auxiliar o processo de ensino-aprendizagem está cada vez mais constante na prática docente, principalmente, recursos mais lúdicos e voltados para a realidade e a diversidade, local e regional. Nesse sentido, as geotecnologias e, principalmente, os StoryMaps, podem acrescentar uma importante contribuição nessa busca, por se tratar de uma atividade de produção e visualização, que inclui vídeos, mapas interativos, infográficos e, principalmente, sendo facilmente adaptável.

Nos últimos dez anos, os sistemas de informação geográfica (SIG) Web desenvolveram-se, em todo o mundo, sob o impulso de programadores de *software*, no campo da visualização (Google Earth e Neatline) e SIG (ESRI, Knight Lab). Esses programas, como os StoryMaps (mapas que contam história), permitem contar, partilhar e divulgar informações, na forma de mapas interativos, associados a imagens, texto e conteúdos audiovisuais.

O presente trabalho tem por objetivo discutir e validar a produção de materiais didáticos, a partir das geotecnologias, e utilizar estas ferramentas no espaço escolar, como um recurso, nas aulas do ensino fundamental do segundo segmento, a partir da sua aplicação no sexto ano do ensino fundamental do Colégio Estadual Almirante Álvaro Alberto, no município de Angra dos Reis.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu em executar as seguintes etapas de desenvolvimento:

- Realizar o levantamento das habilidades que devem ser abordadas no 6º (sexto) ano do ensino fundamental;
- Produzir o StoryMaps, com o tema anteriormente delimitado.
- Definir o que vai ser inserido no aplicativo ArcGIS StoryMaps;
- Aplicar o StoryMap no Colégio Estadual Almirante Álvaro Alberto; e
- Avaliar a aplicação do StoryMap na turma do sexto ano do mesmo colégio.

Seguindo as competências que devem ser desenvolvidas no sexto ano do ensino fundamental, segundo a Base Nacional Comum Curricular - BNCC, foram criados StoryMaps e roteiros de apoio. Para tanto, utilizou-se a plataforma ArcGIS, vinculada à conta organizacional da UFRJ, cujo endereço é <https://ufrj-academico.maps.arcgis.com>. Nela, há aplicativos Web para diversos usos, como ArcGIS StoryMaps (ESRI, 2024), que possibilita a criação de “mapas que contam uma história”, onde o criador destes mapas pode inserir, na página criada, alguns elementos, como: mapas web, cena 3D, vídeos, imagens, textos, áudio, sem o uso de linguagem de programação. As atividades estão disponibilizadas no ArcGIS Hub, no endereço <https://giseducare-ufrj-academico.hub.arcgis.com/>. Estas atividades estão inseridas no âmbito do projeto “A Geoinformação nos une - vamos aprender com ela?”, que foi financiado pelo Instituto Reditus e pela FAPERJ.

Os StoryMaps foram construídos, com base nas habilidades e competências da BNCC do ensino fundamental, dentro da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. No caso do StoryMaps, aplicado ao sexto ano, a habilidade utilizada como base foi a EF06GE06, onde o aluno deve desenvolver a capacidade de identificar as características das paisagens, transformadas pelo trabalho humano, a partir do desenvolvimento da agropecuária e do processo de industrialização. Esta habilidade está inserida na unidade temática sobre as transformações da paisagem.

A aplicação do StoryMaps, intitulado “O que vejo da minha janela” ocorreu no dia 17 de março de 2023, em duas turmas do 6º ano do ensino fundamental, do Colégio Estadual Almirante Álvaro Alberto. O colégio está situado no município de Paraty (RJ), porém distante do centro, em uma vila residencial, próxima ao limite com o município de Angra dos Reis. A escola recebe alunos desses dois municípios, Angra dos Reis e Paraty.

O StoryMaps foi baseado no livro “O que vejo da minha janela”, um livro infantil, de autoria de Otávio Júnior, lançado em 2019. A história é narrada por uma criança, moradora de uma favela no Rio de Janeiro, e aborda a beleza nas relações e das ações coletivas, sem deixar de considerar a realidade local. Ao mostrar a realidade local, a obra remete ao conceito de paisagem, descrevendo observações momentâneas do narrador. É importante ressaltar que o StoryMaps não foi uma cópia fiel ao livro, mas sim, uma adaptação do tema à realidade dos alunos do colégio, incluindo paisagens relacionadas ao cotidiano local. A Fig. 1 representa a aplicação da atividade (StoryMaps) no colégio.

RESULTADOS

Após a pandemia, muitos conteúdos da educação básica ficaram deficitários, principalmente, na rede pública de ensino. Dessa forma, o uso de geotecnologias (SIG Web) torna-se uma ferramenta fundamental, a fim de ampliar o interesse dos estudantes, que já estão mergulhados em redes digitais, assim como, possibilitar o desenvolvimento de habilidades e competências, que se apresentam deficitárias.

Novas metodologias e práticas pedagógicas vem sendo discutidas nas últimas décadas. Dentre as tecnologias disponibilizadas, houve um avanço nas geotecnologias, assim como, na oferta do acesso, mas é importante ressaltar que, nem sempre, as escolas públicas dispõem dessas ofertas, sobretudo, algumas geotecnologias. A produção e a disponibilização de recursos é indispensável para que os professores da educação básica acompanhem essas novidades e consigam evoluir e proporcionar uma educação, que seja ainda mais inclusiva e atrativa aos alunos, promovendo impactos positivos, em toda a comunidade escolar.

O StoryMaps foi elaborado pelos bolsista do projeto “A geoinformação nos une, vamos aprender com ela?” e essa aplicação foi bem recebida pelos estudantes das turmas do 6o. ano do colégio, que interagiram com os professores. Os estudantes puderam discutir conceitos importantes, como paisagem e lugar, além de analisar algumas mudanças na paisagem local. Ao final da aplicação, foi aplicado um questionário, de forma oral, sobre a atividade; e, de forma unânime, todos os estudantes gostaram da atividade. Também foi solicitado que os estudantes produzissem um desenho sobre a paisagem, que observam da janela do seu quarto ou da janela da sala de aula. Dois desenhos produzidos pelos estudantes podem ser observados na Figura 1.



FIGURA 1 - Desenhos produzidos por um dos alunos participantes da atividade, representando o que ele vê da janela. Fonte: foto de Fabiana Freitas (17/03/2023).

A aplicação do StoryMaps contou também com a participação da professora de produção textual das turmas e a mesma aproveitou os temas tratados; e os estudantes produziram pequenos textos, com a temática do livro “O que vejo da minha janela?” (Figura 2).



FIGURA 2 - Imagem do StoryMap *O que vejo da minha janela?*
<https://storymaps.arcgis.com/stories/a5d71a14431a4e8da05efca5b753fd6f>

CONCLUSÕES

Atualmente, os professores têm acesso a ferramentas tecnológicas, diretamente relacionadas com a sua área, especialmente, via Internet, onde, em muitos casos, os recursos são gratuitos. Existem inúmeras possibilidades de combinar sistemas globais de navegação por satélite (GNSS), SIG, sensoriamento remoto e cartografia digital, de modo a registrar e a analisar a topografia e a dinâmica do espaço geográfico e as questões sociais e ambientais contemporâneas. Consequentemente, com a compreensão de que a educação é uma prática que prepara para o mundo moderno, o espaço escolar deve considerar o uso da tecnologia, principalmente, como um recurso que estimula e auxilia no processo de ensino e aprendizagem, corroborando para o fato da linguagem cartográfica e a percepção espacial, por meio da geoinformação, serem cruciais na evolução das estruturas cognitivas e para o crescimento intelectual dos estudantes. Dessa forma, tornam-se, cada vez mais necessários, os projetos voltados ao desenvolvimento de recursos voltados para professores da educação básica, para que, dessa forma, possam aliar o conhecimento acadêmico às práticas educacionais reais, em sala de aula.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FAPERJ pelo financiamento por meio das bolas de IC e CTC no edital FAPERJ nº 45/2021 - "Apoio à melhoria das escolas da rede pública sediadas no Estado do Rio de Janeiro — 2021". Agradecimentos também à REDITUS, pelo primeiro apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. **Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990**. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U., 16 jul. 1990.
- BRASIL. Ministério da Educação (ME). **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**: Educação é a base. Brasília: ME, 2018.
- FERREIRA, E.T. **Brincar na adolescência: uma leitura no espaço escolar**. 2020. 252f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.
- PALÁCIOS, J. O que é adolescência. **Desenvolvimento psicológico e Educação**, v. 1, n. 2, p. 263-272, 1995.
- PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. Petrópolis: Vozes, 1970.
- QVORTRUP, J. A infância enquanto categoria estrutural. **Educação e Pesquisa**, v. 36, n. 2, p. 631-643, 2010.
- SANTOS, M. **O que eu vejo da minha janela**. São Paulo: Editora ABC, 2019.
- SGARBI, C.; MOTA, R.S. Ludicidade no Ensino Fundamental. **Revista Latino-Americana de Estudos Científicos**, v. 3, n. 13, 2022.
- SILVA, M.A.A Feticização do Livro Didático no Brasil. **Educação e Realidade**, v. 37, n. 3, p. 803-821, 2012.
- VASCONCELOS, T. "Dar Corda ao relógio" ou uma filosofia de educação. **Cadernos de Educação de Infância**, 3, 16-18, 1987.

CAPÍTULO 19

GLOSSÁRIO DO PROJETO CONEXÃO GEOINFORMAÇÃO: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E ACESSIBILIDADE NO YOUTUBE

Steffi Munique Damasceno dos Reis Vieira¹

Amanda Coelho Azambuja¹

Paula Maria Moura de Almeida¹

1. Universidade Federal Fluminense - UFF. Departamento de Geografia. Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n, Campus da Praia Vermelha. Boa Viagem. Niterói. RJ. CEP: 24210-346 steffimunique@id.uff.br; amanda_coelho@id.uff.br; paulamoura@id.uff.br

RESUMO

A Ciência da Informação Geográfica é a ciência que estuda a informação geográfica, tanto em sua criação, como em seu manuseio e armazenamento. A partir disso, o projeto do "Conexão Geoinformação" visa a divulgação científica, ou seja, o compartilhamento social do conhecimento científico, na área do conhecimento geoinformacional. O projeto possui nove vídeos publicados na série "Glossário", do canal oficial da "Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro" (JGEOTEC), no YouTube, cujos títulos são: 1) Escala e área mínima; 2) Sensoriamento remoto e resoluções; 3) GPS e sistema global de navegação por satélite; 4) VANT; 5) Geoinformação; 6) Unidades espaciais de representação e análise; 7) Cartografia temática; 8) Assinatura e índices espectrais; 9) Pré-processamento de imagens de sensoriamento remoto. As visualizações médias foram de 163,89 visualizações/vídeo e a média de curtidas/vídeo foi de 28,78; números positivos, tendo em vista que se trata de um projeto recente. Nenhum *dislike* foi encontrado e os vídeos receberam um total de 21 comentários, elogiando-os. Vale ressaltar que uma preocupação recente do projeto se deu em torno da acessibilidade. Por esse motivo, todos os vídeos da série "Glossário" foram legendados manualmente. Por último, vale ressaltar que se pretende ampliar a sua divulgação, para alcançar mais pessoas.

Palavras-chave: divulgação científica; geotecnologias; acessibilidade; YouTube.

ABSTRACT

Geographic Information Science (GIScience) is the science that studies geographic information, both in its creation, handling and storage. Based on this, the "Conexão Geoinformação" project aims at scientific dissemination, that is, the social sharing of scientific knowledge, in the area of geoinformational knowledge. The project has 9 videos published in the "Glossário" series on the official channel of the "Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro" (JGEOTEC) on YouTube, whose titles are: 1) Scale and Minimum Area; 2) Remote Sensing and Resolutions; 3) GPS and Global Navigation Satellite System; 4) UAV; 5) Geoinformation; 6) Spatial Units of Representation and Analysis; 7) Thematic Cartography; 8) Signature and spectral indices; 9) Pre-processing of Remote Sensing Images. The average views were 163.89 views per video and the average number of likes per video was 28.78, positive numbers, considering that it is a recent project. No dislikes were found and the videos received a total of 21 comments praising them. It is worth mentioning that a recent concern of the project was around accessibility. For this reason, all videos in the Glossário series were manually subtitled. Finally, it is worth highlighting that the aim is to expand its divulgation.

Keywords: scientific divulgation; geotechnologies; accessibility; YouTube.

INTRODUÇÃO

A expressão *ciência da informação geográfica* "foi apresentado por Goodchild (1992) para definir uma ciência que estudaria os termos fundamentais decorrentes da criação, do manuseio, do armazenamento e do uso da informação geográfica" (Almeida; Amaral; Cruz, 2022, p. 24). Menezes e Fernandes (2013) trazem aspectos importantes sobre dados e informações geográficas.

Segundo Laurini e Thompson (1992) e Antenucci *et al.* (1991) *apud* Menezes e Fernandes (2013, p. 214), os dados e informações geográficas possuem três elementos:

[...] o elemento espacial – referente ao seu posicionamento, forma e relações geométricas entre entidades espaciais -; o descritivo – relacionado às características definidoras da entidade geográfica ou atributos que o qualificam -; e por fim, o elemento temporal – referente à época de ocorrência de fenômeno geográfico.

Essa área do conhecimento envolve tanto essa consideração ontológica e análise de fenômenos espacializados, como também o desenvolvimento e uso de tecnologias específicas, as geotecnologias, que correspondem a “um conjunto de tecnologias orientadas à coleta, ao processamento, à análise, à disponibilização e à apresentação da informação geográfica” (Almeida; Amaral; Cruz, 2022, p. 22). Alguns exemplos de geotecnologias que podem ser citados são a modelagem numérica de terreno (MNT), o sensoriamento remoto (SR), o banco de dados geográficos (BDG), o sistema global de navegação por satélite (GNSS) e os sistemas de informação geográfica (SIG). Gewin (2004) enfatiza, em seu artigo para a revista *Nature*, o fato do Departamento do Trabalho dos Estados Unidos da América ter declarado, no mesmo ano da publicação da autora, a área das geotecnologias como um dos três campos mais relevantes em crescimento, assim como a nanotecnologia e a biotecnologia. Com isso, torna-se clara a importância da área de estudo e, conseqüentemente, a divulgação de termos associados às geotecnologias e à geoinformação.

Já em relação à expressão *divulgação científica*, podemos defini-la como: “(...) uma atividade de partilha social do saber ou do conhecimento científico que se destina ao público geral [Bueno, 1985]” (*apud* Fontes, 2021). E que “demanda por uma alteração da linguagem utilizada [Bueno, 2010], o que inclui, além da mídia impressa, os recursos audiovisuais [Ramos, 1994]” (*apud* Fontes, 2021). Fleming e Bonwell (2001, *apud* Negumo; Teles; Silva, 2020) apontam que o aprendizado pode ocorrer mobilizando diferentes modalidades sensoriais, como a visual, a auditiva, a de leitura e escrita, e a cinestésica. A partir do exposto acima, pode-se perceber que a divulgação científica é passível de ser realizada mediante a utilização de recursos audiovisuais. Sendo o YouTube, atualmente, um instrumento potente para tal, inclusive, nacionalmente. Afinal, segundo dados de 2021, o acesso à internet está presente em 90% dos domicílios do Brasil (IBGE, 2022). Além de que uma pesquisa realizada em 2018, com três mil pessoas, pelo Instituto Provokers, apontou que “9 em cada 10 brasileiros usam o YouTube para estudar” (Google, 2018, p. 3).

Dessa forma, o atual projeto “Conexão Geoinformação” produz vídeos, organizados na série “Glossário”, postados no YouTube, vinculado ao canal da “Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro” (JGEOTEC). Nesses vídeos, busca-se suprir possíveis lacunas no aprendizado de conceitos da geoinformação. Para que, assim, as pessoas interessadas na área de estudo possam ter fontes confiáveis de informação, pois são oferecidos por professores universitários com formação na área; estimulando a aprendizagem, por meio de diferentes sentidos (o auditivo e o visual).

O projeto de extensão tem por objetivos: fomentar a experiência na organização de um projeto para divulgação científica, em alunos de graduação e pós-graduação; promover maior integração entre membros da comunidade acadêmica, além de expandir o pensamento crítico nos diversos atores da sociedade, interessados pelas geotecnologias; permitir ao público em geral que visita o canal do YouTube, uma visão ampla sobre a atuação das geotecnologias, sua inserção na sociedade e suas perspectivas profissionais. No âmbito desse trabalho, consistem na análise dos desenvolvimentos dos vídeos, assim como, os resultados e as suas publicações.

METODOLOGIA

Para este trabalho, foi realizada a verificação do impacto dos vídeos no YouTube, por meio do programa *Analytics*, no próprio site. Os dados mais pertinentes foram colocados em tabelas no Google Planilhas, onde calculou-se a soma e a média dos valores. A fundamentação teórica baseou-se em uma monografia, três pesquisas e dois livros. Por fim, por meio do site *Lucidchart*, foi feita a produção de um fluxograma, sistematizando o processo de produção dos vídeos do "Glossário".

Conforme resumido pelo fluxograma (Figura 1), foi feito um formulário para que o público preenchesse com os temas de interesse e sugestão de professores, a fim de trabalhar tais temas. Após isso, é enviado ao convidado para o vídeo, um modelo de roteiro editável, de forma a orientar a adequação da linguagem utilizada e os padrões, para uma boa qualidade audiovisual. As gravações ocorrem no Zoom. Nessa etapa, geralmente, são gravados dois vídeos por profissional, numa reunião com a equipe do projeto, que sugere ajustes, para um resultado mais completo. Após isso, o processo de edição é feito utilizando três aplicativos: VEGAS Pro 17.0, Canva Pro e YouTube. No primeiro aplicativo, são realizados os cortes, adicionados os efeitos de transição, a personalização da vinheta com o nome do professor; e, caso necessário, a correção de cor. Posteriormente, no Canva Pro, são incorporadas a vinheta e o encerramento, regulando o volume da música; e são adicionados pequenos textos e imagens informativas para tornar o conteúdo didático. Após o vídeo em si estar pronto, em sua primeira versão, ainda no Canva, é produzida uma miniatura (*thumbnail*) para o vídeo, um print da gravação e a remoção do fundo do vídeo (ainda no próprio Canva), mantendo somente o perfil do professor. Ambos os produtos são enviados para a coordenadora do projeto e são reeditados, conforme as recomendações. A última ferramenta da edição, envolvendo também a publicação, se dá no YouTube, onde, nos *cards* de informação, são colocadas as sugestões de vídeos relacionados do canal; na vinheta de encerramento, são colocados ícones para acessar outro vídeo já mencionado, a *playlist* do projeto e um botão de inscrição; além disso, é feita a correção das legendas automáticas, para só então, postar o vídeo. Por fim, a divulgação do vídeo lançado é feita em canais de WhatsApp que contenham o público alvo e no perfil da JGEOTEC no Instagram.

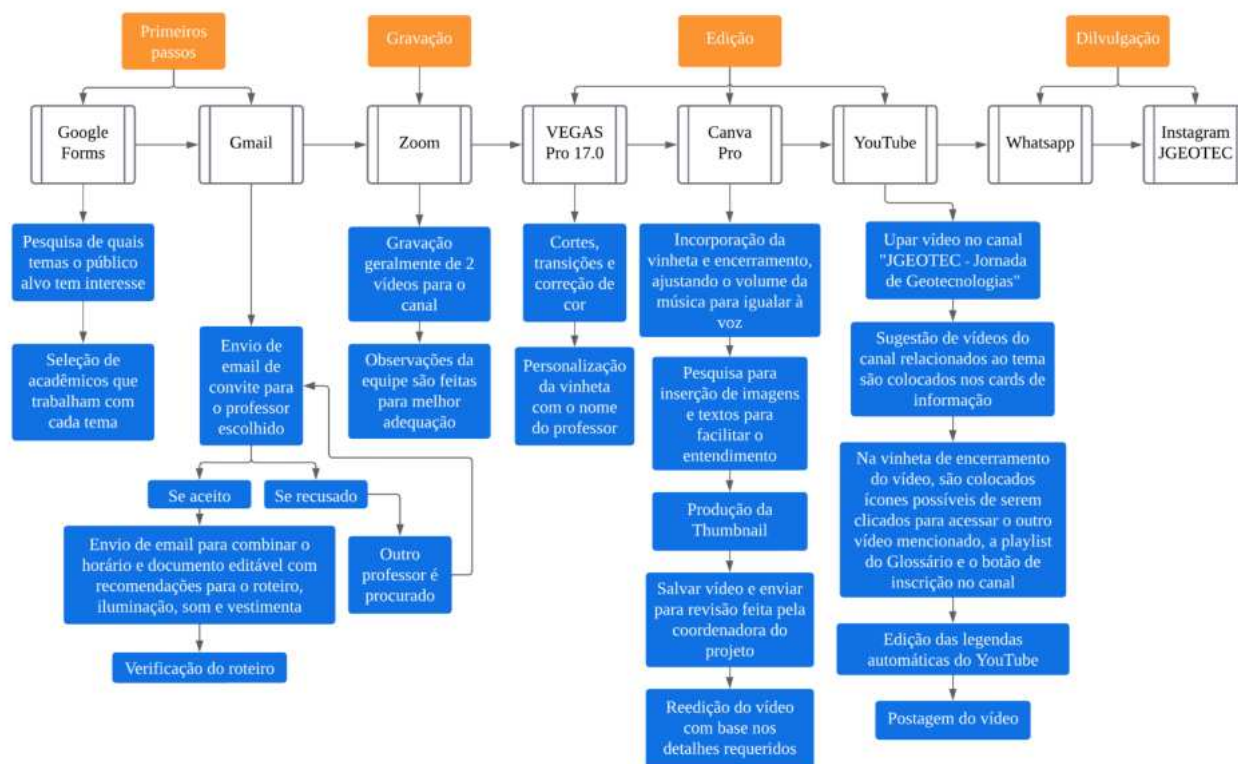


FIGURA 1 - Fluxograma da metodologia da criação dos vídeos da série Glossário do canal JGEOTEC. Elaboração própria.

RESULTADOS

Nesses primeiros dois anos de projeto, já foram publicados nove vídeos, sendo cinco, em 2022; e quatro, em 2023. Em 2022, os vídeos foram: 01 (Escala e Área mínima) e 02 (Sensoriamento Remoto e Resoluções), com a professora Carla Bernadete Madureira Cruz (UFRJ); 03 (GPS e Sistema Global de Navegação por Satélite) e 04 (VANT), com o professor Phillipe Valente Cardoso (UERJ); e 05 (Geoinformação), com a professora Paula Maria Moura de Almeida (UFF). Já no ano de 2023, foram os de número 06 (Unidades Espaciais de Representação e Análise) e 07 (Cartografia Temática), com a contribuição do professor Vinicius da Silva Seabra (UERJ - FFP); e os vídeos de número 08 (Assinatura e Índices Espectrais) e 09 (Pré-Processamento de Imagens de Satélite), com Felipe Gonçalves Amaral, doutorando em Geografia na UFRJ e professor da Universidade Veiga de Almeida (UVA). As representações dos vídeos, com suas *thumbnails* encontram-se na Figura 2.



FIGURA 2 – Playlist Conexão Geoinformação | Glossário do canal JGEOTEC - Jornada de Geotecnologias. Elaboração própria.

A partir da ferramenta *Analytics*, do YouTube, foram geradas estatísticas para cada vídeo do "Glossário" postado no canal (Tabelas 1 e 2). Vale ressaltar que os dados atuais correspondem até a data de 22 de abril de 2024. Após a geração e tabulação desses dados, valores de somas e médias foram gerados para cada aspecto. Então, ao observar os dados referentes às visualizações (Tabela 1), é possível perceber que, de modo geral, os vídeos mais antigos são aqueles que possuem mais visualizações e curtidas acumuladas, afinal, estão há mais tempo disponíveis. Ademais, o ano com mais visualizações acumuladas foi o de 2023, somando 631; porém, o ano em que os vídeos tiveram uma média maior de visualizações por vídeo (106), foi o de 2022, ano de inauguração do projeto. Calculando a média das visualizações de todos os vídeos do "Glossário" somados, obteve-se o resultado de 163,89 visualizações por vídeo e a média de curtidas por vídeo foi de 28,78, denotando uma resposta positiva ao projeto.

Antes de analisar a Tabela 2, é importante definir os significados de alguns parâmetros, que podem não ser tão claros. O parâmetro "Inscritos pelo vídeo", segundo o YouTube, é "A diferença no total de inscritos, resultado da subtração do número de assinantes perdidos do número de assinantes novos". Já as "Impressões", correspondem a "Quantas vezes as miniaturas do seu vídeo foram mostradas aos espectadores. Inclui apenas as impressões no YouTube, e não em sites ou aplicativos externos." Enquanto o parâmetro "Taxas de cliques de impressões" é correspondente às "Visualizações por impressões mostradas. Serve para avaliar com que frequência os espectadores assistiram um vídeo depois de ver uma impressão."

TABELA 1 - Número de visualizações dos vídeos da série "Glossário" do projeto "Conexão Geoinformação".

Visualizações e curtidas	Visualizações em 2022	Visualizações em 2023	Visualizações de 2024 (de 1 de jan. até 22 de abr.)	Visualizações totais	Curtidas
Vídeo 01	281	113	68	462	100
Vídeo 02	94	60	14	168	33
Vídeo 03	85	103	49	237	32
Vídeo 04	42	35	10	87	10
Vídeo 05	28	98	103	229	30
Vídeo 06	-	76	40	116	22
Vídeo 07	-	61	12	73	17
Vídeo 08	-	68	3	71	10
Vídeo 09	-	17	15	32	5
Total	530	631	314	1475	259
Média	106	70,11	34,89	163,89	28,78

Elaboração própria, a partir dos dados do YouTube *Analytics*, para o canal da JGEOTEC (até 22/04/2024).

Com esses conhecimentos, é possível perceber que o número de inscritos que vieram pelos vídeos mais antigos são mais altos, principalmente, no vídeo 01, afinal o projeto era uma novidade. A soma dos inscritos no canal da JGEOTEC, que vieram pela série "Glossário", foi um total de 65 novas pessoas. O número de impressões totais (ou seja, quantas vezes foram sugeridos para as pessoas no YouTube) da série do canal foi de 18.611. Ademais, a taxa de cliques de impressões teve uma média de 3,1%. A duração média dos vídeos é de 16 minutos e 21 segundos. Porém, somente 23,9% do tempo de cada vídeo é assistido, em média, o que daria 4 minutos e 10 segundos; fato que demonstra que a maioria das pessoas os assistem em fragmentos. Pensando nisso, pode-se deduzir que o público se atrai por vídeos mais curtos. Contudo, um dado significativo é que o total do tempo produzido, somando todos os vídeos, é de 2 horas, 27 minutos e 12 segundos (ou 2,45 horas), sendo que o tempo total que os vídeos foram assistidos foi de 97,2 horas, ou seja, foram visualizados 39,67 vezes o total de horas, que todos os vídeos possuem somados.

TABELA 2 – Outras informações estatísticas por vídeo da série "Glossário" do projeto "Conexão Geoinformação", desde o momento de seus respectivos envios.

Vídeos	Inscritos pelo vídeo	Impressões	Taxas de cliques de impressões	Tempo total do vídeo (hora:min:seg)	Porcentagem visualizada média	Tempo de exibição (horas)
Vídeo 01	32	2.393	5,7%	00:16:21	31,5%	39,6
Vídeo 02	5	2.918	3,20%	00:17:53	25,6%	12,8
Vídeo 03	8	2.700	3,20%	00:15:03	23,3%	13,8
Vídeo 04	0	2.400	2,30%	00:17:29	19,5%	4,9
Vídeo 05	8	2.500	6,20%	00:06:32	45,3%	11,6
Vídeo 06	7	1.400	2,30%	00:12:03	30,1%	7
Vídeo 07	4	1.100	2,10%	00:17:16	17,0%	3,6
Vídeo 08	1	2.000	1,30%	00:22:34	8,7%	2,3
Vídeo 09	0	1.200	1,30%	00:22:01	14,2%	1,6
Total	65	18.611	-	02:27:12	-	97,2
Média	7,22	3.722	3,1%	00:16:21	23,9%	10,8

Elaboração própria, a partir dos dados do YouTube *Analytics*, para o canal da JGEOTEC (até 22/04/2024).

Por fim, outros dados interessantes capazes de averiguar a avaliação dos usuários do YouTube, em relação aos vídeos do "Glossário", são os comentários. Atualmente, três dos nove vídeos postados receberam comentários, sendo eles, o 01, o 02 e o 06. O total de comentários somados foi de 18, todos positivos. Ademais, os vídeos não receberam nenhum *dislike*.

Outrossim, a questão da acessibilidade na divulgação científica é de extrema importância. Afinal, segundo a Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (PNAD) contínua, realizada em 2022, "são 18,6 milhões de pessoas (8,9%) de 2 anos ou mais de idade com deficiência no Brasil em 2022." (IBGE, 2023). Assim, o termo "acessibilidade" refere-se à inclusão de pessoas com deficiência em atividades, como o uso de produtos, serviços e informações (Ministério da Saúde, 2018 *apud* Silva, 2022). Em termos de acessibilidade virtual, é possível citar recursos importantes, como as legendas, a descrição de imagens e a descrição das fisionomias dos divulgadores (Santana, 2019 *apud* Silva, 2022). Numa pesquisa realizada por Silva (2022), com uma amostra de 62 canais de divulgação científica no YouTube, foi encontrado que, apesar de 89,8% deles utilizarem legendas automáticas (geradas pelo próprio YouTube), em 93,1% dos vídeos publicados, as legendas não foram revisadas. Isso é problemático, pois as legendas automáticas, geradas sem a supervisão de seres humanos, possuem várias palavras, pontuações e significados de frases alterados (Figura 3). Pensando nisso, passamos a editar manualmente as legendas automáticas de todos os vídeos da série "Glossário" do projeto "Conexão Geoinformação".

Legendas automáticas

"Se vocês não assistiram o vídeo anterior de INSS vejam tá conhecem como Valente tá e eu sou professor de gel cartografia (...)"

Legendas editadas

"Se vocês não assistiram o vídeo anterior de GNSS, vejam, tá? Me conhecem como Valente, e eu sou professor de Geocartografia (...)"

FIGURA 3 - Exemplo da diferença entre legendas automáticas e legendas corrigidas, coletadas no vídeo 04 "VANT" da série "Glossário", disponível no canal da JGEOTEC no YouTube. Elaboração própria.

A comunicação científica no Brasil se inicia no século XIX, com destaque para os periódicos "A Gazeta do Rio de Janeiro" e "O Patriota" (Fonseca; Bueno, 2021). Atualmente, existem novas ferramentas, capazes de auxiliar na democratização do conhecimento, como é o caso do site YouTube. Sua potencialidade fica evidente, quando analisamos que o YouTube é o maior *site* de vídeos do mundo; que o Brasil é um dos países que mais consome a plataforma (Fonseca; Bueno, 2021); e que os produtores de conteúdo do *site* já foram considerados mais influentes do que jornalistas, segundo uma pesquisa do Google (Fonseca, 2019c *apud* Fonseca; Bueno, 2021).

Contudo, o YouTube também possui obstáculos, em relação à divulgação científica. Por exemplo, a maioria dos divulgadores de ciências no site são homens (Velho, 2019 *apud* Fonseca; Bueno, 2021). Fato que denota a importância de mais projetos coordenados por mulheres, como é o caso do "Conexão Geoinformação".

Outra problematização é a "(...) dificuldade estrutural de alcance de vídeos com informações científicas e confiáveis, visto que o algoritmo da plataforma gera maior visibilidade para conteúdos sensacionalistas que promovem amplo engajamento" (Fonseca, 2019b *apud* Fonseca; Bueno, 2021). No entanto, canais institucionais, como é o caso do presente projeto, com a roteirização de profissionais com formação acadêmica, são capazes de garantir maior confiabilidade para o espectador, reafirmando assim, a sua importância.

CONCLUSÕES

Tendo em vista o que fora exposto no artigo, fica clara a influência que o YouTube tem na atualidade, sobre a educação brasileira. Contudo, com o avanço das pseudociências, é preciso que canais com informações verídicas sejam mais divulgados. Particularmente, no caso dos institucionais, em que pode-se perceber que o número de publicações não é um problema em si, afinal são líderes na divulgação científica do YouTube; contudo, o que carecem é de visualizações. Portanto, é de suma importância aumentar a divulgação do que é produzido nesses canais, para que mais pessoas tenham um acesso ampliado a conhecimentos científicos. Em relação ao presente projeto, obtivemos resultados positivos. Principalmente, em relação à acessibilidade aumentada, com a correção manual de legendas automáticas. Portanto, continuaremos legendando os vídeos futuros. Outro sinal de que o conteúdo é aprovado pelo público, são os comentários que os vídeos recebem de agradecimento pelas aulas. Porém, conforme a problemática apontada que afeta os canais institucionais, a solução será a intensificação da divulgação do canal. Uma possível estratégia a ser adotada poderia ser, por exemplo, além de divulgá-los nos grupos de WhatsApp e no Instagram da JGEOTEC (o que já é feito), divulgá-los também no perfil do Instagram do Grupo de Pesquisa em Geoinformação e Dinâmicas Ambientais (GIDA) da UFF, criado pela professora Paula Maria Moura de Almeida, coordenadora do *Conexão Geoinformação*, ou até, pelo aplicativo TikTok.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os professores que se disponibilizaram para participar dos vídeos do canal. São eles: Carla Bernadete Madureira Cruz (UFRJ), Phillipi Valente Cardoso (UERJ), Paula Maria Moura de Almeida (UFF), Vinicius da Silva Seabra (UERJ-FFP) e Felipe Gonçalves Amaral (UFRJ e UVA). Somado a todos que trabalham ou trabalharam na estruturação e divulgação do canal da JGEOTEC. Além disso, cabe agradecer à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) da UFF, pelo financiamento do projeto e a oferta de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, P.M.M. de; AMARAL, F.G.; CRUZ, C.B.M. Geoinformação: Relações e reflexões sobre elementos ontológicos. In: Souza, E.M.F.R. (org.). **Geoinformação e análise espacial: métodos aplicados a áreas antropizadas**. 1 ed. Rio de Janeiro: Appris, 2022, v. 1, p. 21-40.
- ALMEIDA, P.M.M. de; AZAMBUJA, A.C. Conexão Geoinformação - Divulgação Científica através da produção de vídeo. **Anais da Semana de Extensão UFF 2022**. <https://www.proex.uff.br/semext/anteriores/2022/>
- FONSECA, A. A.; BUENO, L. M. Breve panorama da divulgação científica brasileira no YouTube e nos podcasts. **Rev. Cad. Comun.**, Santa Maria, v. 25, n. 2, art. 4, mai./ago. 2021.
- FONTES, D. T. M. Uma comparação das visualizações e inscrições em canais brasileiros de divulgação científica e de pseudociência no YouTube. **Journal of Science Communication – América Latina**, v. 4, n. 1, (A01), 2021.
- GEWIN, V. Mapping opportunities. **Nature**, v. 427, p. 376–377, 2004.
- GOOGLE. Pesquisa Video Viewers: como os brasileiros estão consumindo vídeos em 2018. **Think with Google**, 2018. https://www.thinkwithgoogle.com/_gs/documents/6626/twg_videoviewers_infographic.pdf&ved=2ahUKEwiv9Latq_mFAxV_pZUCHcrMAHgQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1Y942GoiIBH8KF-kfhQK58
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Internet já é acessível em 90,0% dos domicílios do país em 2021. **Agência de notícias IBGE**, 16 de set. 2022. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34954-internet-ja-e-acessivel-em-90-0-dos-domicilios-do-pais-em-2021>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD): Pessoas com Deficiência 2022 - Divulgação dos Resultados Gerais. **Agência de notícias IBGE**, 07 de jul. 2023. https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/0a9afaed04d79830f73a16136dba23b9.pdf

MENEZES, P.M.L.; FERNANDES, M. do C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

NEGUMO, E.; TELES, L.F.; SILVA, L. de A. A utilização de vídeos do Youtube como suporte ao processo de aprendizagem. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 14, n. 1-12, e3757008, jan./dez. 2020.

SILVA, M.A. **Acessibilidade na divulgação científica em canais do YouTube**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Porto Alegre, 2022.

CAPÍTULO 20

JOGOS DIGITAIS COMO RECURSOS DIDÁTICOS NA CARTOGRAFIA ESCOLAR

Caio César Barros Pereira¹
Evelyn de Castro Porto Costa¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, bl. I, sl. 12. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ, Brasil. CEP: 21941-916. caiobpereira98@gmail.com; evelyncosta@igeo.ufrj.br.

RESUMO

Os jogos digitais podem ser vistos como recursos didáticos de grande relevância, tendo em vista o potencial enriquecedor de conteúdos e temas no âmbito escolar, além de dinamizar o ensino e torná-lo mais atrativo. Muitos jogos digitais disponíveis hoje na internet possuem grande alcance para fomentar o pensamento espacial dos estudantes. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é identificar e analisar os jogos digitais que possuem caráter espacial e podem contribuir com a cartografia escolar no ensino de geografia. Como metodologia foram caracterizados os jogos *GeoGuessr*, *City Guesser*, *Worldle* e *Countryle*, apresentando suas limitações e potencialidades, para a mediação didática de conteúdos em geografia. Dentre os resultados, destaca-se a potencialidade dos jogos para exercitar o pensamento espacial e apresentar conteúdos cartográficos, tais como projeção, escala, simbologia e tipos de visão. Além de ser possível associar os jogos a outros conteúdos geográficos, como população, economia, urbanização, biomas e paisagens, por exemplo.

Palavras-chave: ensino de geografia, cartografia, plataformas digitais, *gameficação*, alfabetização cartográfica.

ABSTRACT

Digital games can be seen as great didactic resources, given the enriching potential of content and topics in the school, as well as streamlining teaching and making it more attractive. Many digital games available today on the Internet have a wide range to foster students' spatial thinking. Thus, the purpose of this research is to identify and analyze digital games that have spatial character and can contribute to school cartography in the teaching of geography. As a methodology were characterized by the Games GeoGuessr, City Guesser, Worldle and Countryle, presenting their limitations and potentialities for the didactic mediation of content in geography. Among the results, we highlight the potential of games to exercise spatial thinking and present cartographic contents such as projection, scale, symbology and types of vision. In addition to being possible to associate games with other geographical content, such as population, economy, urbanization, biomes and landscapes, for example.

Keywords: geography teaching; cartography, digital platforms; gamification; cartographic literacy.

INTRODUÇÃO

É inegável que a tecnologia faz parte do cotidiano dos estudantes do século XXI, seja por meio de aparelhos celulares ou computadores, os jovens estão cada vez mais conectados com o mundo digital. Os jogos digitais, disponíveis em diferentes tecnologias, por meio da internet, são amplamente utilizados e difundidos pelos jovens atualmente. Tendo em vista o desinteresse de muitos estudantes à formação escolar, utilizar jogos digitais como ferramentas pode se tornar uma opção motivacional ao processo de ensino-aprendizagem. Rizzatti *et al.* (2021) apontam que estes estudantes jogadores interagem de forma muito próxima ao conteúdo que está disposto no ambiente imersivo.

O uso de jogos na educação tem sido cada vez mais reconhecido, como uma forma lúdica de aprender e uma metodologia inovadora de ensinar, já que a falta de motivação é uma das principais causas do desinteresse dos alunos pela formação escolar (Di Maio; Pereira, 2022). Os jogos, sejam eles digitais ou analógicos, podem se tornar ferramentas didáticas potentes na educação escolar.

O jogo está presente na infância e permite os desenvolvimentos físico, cognitivo, afetivo e moral da criança, de forma prazerosa e descontraída (Piaget, 1978). Além disso, Lopes (2007) aponta que os jogos e outras atividades lúdicas, como recursos de ensino, podem influenciar de maneira positiva cinco fenômenos de aprendizagem: cognição, socialização, afeição, motivação e criatividade.

Breda e Picanço (2013) apontam que o jogo estimula o aprendizado porque pode despertar curiosidade e um esforço natural de vencer desafios, uma vez que contribuem para o processo de ensino-aprendizagem da criança, e deixam de ser objetos somente de entretenimento, caso sejam formulados com intencionalidade e objetivos específicos, bastante claros e diretos.

No âmbito da geografia escolar, é possível trabalhar com diferentes jogos, que são úteis na mediação de conteúdos didáticos. A geografia escolar se propõe a fomentar a compreensão do espaço geográfico e a apoiar o desenvolvimento de uma leitura consciente e crítica do mundo. Na cartografia, presente na disciplina escolar de geografia, o uso dos jogos pode ser múltiplos, tendo em vista, a diversidade de conteúdos nessa temática, que vão desde escala, fuso-horário e projeções, até a leitura e interpretação de simbologias gráficas em mapas. Ressalta-se que a cartografia proporciona ferramentas para pensar espacialmente, o que é fundamental ao exercício pleno da cidadania (Di Maio; Pereira, 2022).

A cartografia pode desenvolver diferentes conteúdos, que fomentem o pensamento espacial dos estudantes, que, para Bargas e Matias (2018), pode ser considerado uma distinta forma de pensar, que congrega conceitos de espaço, instrumentos de representação e processos de raciocínio, sendo seu desenvolvimento, considerado fundamental para a formação de cidadãos críticos e capazes de compreender e transformar a realidade em que vivem.

Nessa perspectiva, este trabalho visa investigar jogos gratuitos, disponibilizados por plataformas digitais, que possuem grande aderência a conteúdos geográficos, presentes nos temas de cartografia escolar. Ressalta-se que essas investigações são de grande importância, nos estudos no âmbito do ensino de geografia e podem apoiar professores na adoção de novas metodologias em sala de aula, dinamizando o ensino.

METODOLOGIA

Esta pesquisa visa investigar, em plataformas digitais, jogos digitais potenciais ao ensino de conteúdos cartográficos. A pesquisa teve início, a partir de levantamento bibliográfico sobre jogos no ensino de geografia. Posteriormente, foram investigados os jogos de plataformas digitais, disponibilizados via Internet. Essa primeira etapa da pesquisa, de natureza exploratória, visou buscar, em sites de diferentes domínios, jogos digitais com temáticas geográficas, em formato digital. Em um segundo momento, foram filtrados apenas aqueles jogos que possuem temáticas de cunho espacial, como *GeoGuessr*, *City Guesser*, *Worldle* e *Countryle* (Figura 1).

Em uma terceira etapa, foram testadas as funcionalidades dos jogos, suas ferramentas, funções principais e possibilidades de uso, em aplicativos de celulares, bem como a compreensão das limitações das versões gratuitas, em relação às versões pagas dos jogos. Por último, foram analisadas as potencialidades de cada jogo digital para a mediação didática de conteúdos geográficos.

TABELA 1 - Jogos digitais com conteúdos espaciais.

Jogos	Site	Descrição	Versões
GeoGuessr	https:// www.geoguessr.com/	Os jogadores devem adivinhar a localização no mapa de uma imagem aleatória do Google Street View.	App e Web (Requer assinatura)
City Guesser	https:// virtualvacation.us/ guess	A partir de um vídeo os jogadores são desafiados a acertar em qual local o vídeo apresentado foi gravado localizando no mapa.	Web (Gratuita)
Worldle	Worldle - Guess the Country! (teuteuf.fr)	Em forma de desafios diários, os jogadores devem acertar qual é o país através da imagem da forma territorial desse país.	App e Web (Ambas gratuitas)
Countryle	Countryle - The best wordle game about geography	Em forma de desafios diários, os jogadores devem adivinhar o país através de dicas disponibilizadas sobre hemisfério, continente, temperatura média, população e coordenadas.	Web (Gratuita)

Elaboração própria.

RESULTADOS

Como resultados da pesquisa, foram identificados os principais jogos digitais com temática espacial, elencando as principais características e funcionalidades de cada jogo, bem como os conteúdos que podem ser trabalhados em aulas de cartografia.

O *GeoGuessr* (<https://www.geoguessr.com/>) (Figura 1), que, traduzido do inglês, pode significar GeoAdivinhe, é um jogo on-line, disponível em celulares, a partir de uma aplicação ou de forma Web; e em computador, via Internet. O jogador é colocado em qualquer lugar do mundo que esteja disponível no Google Street View, desde estradas remotas até centros urbanos, densamente populosos. O objetivo é marcar um ponto o mais próximo possível do local que foi mostrado no início da rodada, por meio da geolocalização, que o próprio jogo disponibiliza, o qual fica localizado no canto inferior direito da tela, de modo reduzido. Uma partida consiste em 5 rodadas, sendo personalizável o tempo de cada uma, com lugares diferentes, e a pontuação varia de 0 a 5.000, sendo 0 muito distante da localidade mostrada e 5.000, um acerto em cheio.

A plataforma disponibiliza apenas 5 partidas grátis, por cada conta criada, entretanto, se um jogador assinar qualquer um dos planos ofertados pelo site, este jogador pode convidar outros jogadores e criar uma 'party' desfrutando de partidas ilimitadas, junto aos seus convidados. Logo, esse jogo possui, como principal limitação, o uso restrito da versão gratuita.

O *GeoGuessr* possui um grande potencial para trabalhar a alfabetização cartográfica, visto que a população, atualmente, é introduzida aos dispositivos eletrônicos, cada vez mais cedo, e, a partir disso, a familiaridade com o manuseio desses aparelhos abre portas para utilização de geotecnologias, que outrora, parecia ter uma complexidade considerável para uma faixa etária menor.

Utilizando a ferramenta de criar mapas da plataforma citada, pode-se adicionar locais próximos ao cotidiano dos alunos e fazê-los procurar essas localidades no mapa, exercitando o raciocínio espacial, além de trabalhar com temas comuns de escala, visão vertical, oblíqua e frontal, rosa dos ventos. Para uma faixa etária mais elevada, outra potencialidade seria criar um mapa sobre biomas do Brasil e, deste modo, os estudantes, com base nos seus conhecimentos sobre os biomas, marcariam no Mapamúndi, onde eles acreditam estar a localidade representada e, depois, apresentariam as características dos biomas que os levaram a localizar tal ponto.



FIGURA 1 - Interface do Jogo GeoGuessr (<https://www.geoguessr.com/>).

Fonte: Geoguessr (2024).

O *City Guesser* (<https://cityguesser.eu/>) (Figura 2), que, traduzido, pode significar "Adivinhe a cidade", é um jogo on-line, disponível em *smartphones* e computadores, via Internet. Este jogo possui certa semelhança com o *GeoGuessr*, compartilhando o mesmo objetivo: marcar a localização no mapa, daquele local que mais se aproxima das ruas da cidade representada no jogo. Entretanto, o que diferencia as duas plataformas é que o *City Guesser* não utiliza o mapeamento do Google Street View, ele usa o vídeo de uma pessoa andando por centros urbanos, ou seja, o *City Guesser* acessa lugares que o *GeoGuessr* não alcança, tais como: praças, museus, monumentos famosos, entre outros, localidades inacessíveis ao automóvel, que realiza o mapeamento do Google Street View. Seu sistema de pontuação e partidas são os mesmos do *GeoGuessr*, mas esta plataforma é gratuita.

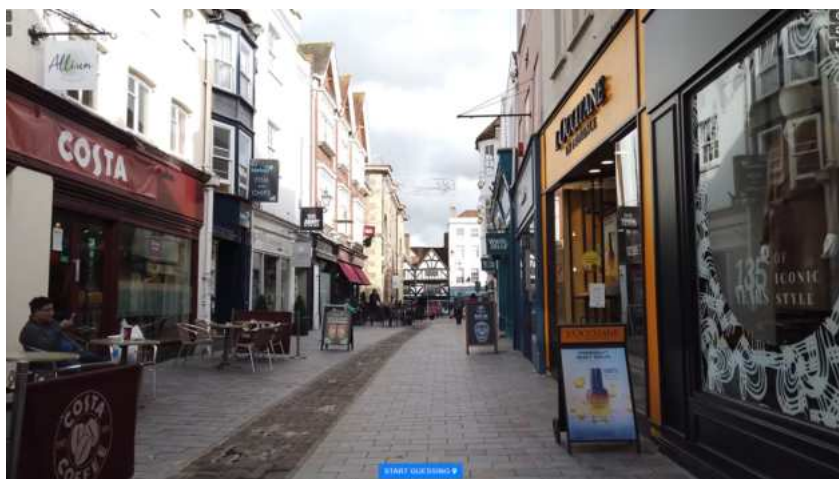


FIGURA 2 - Exemplo de vídeo apresentado no jogo *City Guesser* (<https://cityguesser.eu/>).

Fonte: Virtual Vacation (2024).

Usando o *City Guesser* em sala de aula, é possível, por exemplo, analisar diferentes tipos de cultura, enquanto estuda outros países/continentes, além de ser possível explorar as diferenças de centros urbanos, ao redor do mundo, observar centros urbanos no próprio país, mas de cidades/estados diferentes daqueles em que os estudantes residem, permitindo promover os debates sobre as diferenças e similaridades entre as paisagens. Além disso, como o método de jogo é parecido com o *GeoGuessr*, também é possível tratar de temas cartográficos, tais como a rosa dos ventos, os tipos de visões e as escalas. O *City Guesser* pode ser riquíssimo para os anos finais do ensino fundamental.

O *Worldle* (Figura 3A) (<https://worldle.teuteuf.fr/>) é uma variação do homônimo jogo de adivinhação de palavras *Wordle* (<https://www.nytimes.com/games/wordle/index.html>), que ficou mundialmente famoso no período da pandemia do COVID-19. Existe uma versão brasileira do *Wordle* que se chama *Termooo*. Entretanto, o *Worldle* em si consiste em acertar qual o país que está sendo representado, entretanto, sem legenda, nem contexto, apenas a geometria individual do território do país/estado e o objetivo é acertar que nação é essa em até 6 tentativas. A cada palpite o jogo disponibiliza ao jogador quantos quilômetros de distância o país correto está em relação à nação que o jogador palpitou, além de fornecer a direção em relação ao palpite, fazendo usos de setas.

A maior limitação desta plataforma é que o jogo trabalha em formas de desafios diários, logo disponibiliza o mesmo país/estado durante 24h, ou seja, mesmo o aluno acertando terá que esperar até o próximo dia para jogar novamente, entretanto, o site disponibiliza outros modos de jogo, os quais giram em torno do país do desafio diário, como por exemplo: qual a capital, população, países vizinhos do país, sendo possível exercitar outros conhecimentos geográficos. Este jogo está disponível em *smartphones*, computadores, *tablets* etc, via Internet.

Para usar o *Worldle*, em uma dinâmica na sala de aula, é necessário uma faixa etária um pouco maior do que os outros dois jogos, principalmente, por necessitar de conhecimento prévio da geometria individual dos territórios dos países/estados. Entretanto, uma prática que pode ser aplicada durante o jogo é o uso de atlas e mapas, para apoiar a identificação do país/estado em questão, dessa forma, o jogo pode estimular o interesse pela leitura de mapas. Criar uma competição saudável, com uma recompensa para quem acertar primeiro, pode se tornar uma ação proveitosa em sala de aula. Utilizar o *Worldle*, em conjunto com o site *True Size* (<https://www.thetruesize.com/>) (Figura 3B) o qual nos apresenta a extensão territorial de um país, comparando-o com outro, para tratar de temas como projeções cartográficas, escalas e distorções, no âmbito dos conteúdos cartográficos.



FIGURA 3 – Interfaces: A) do *Worldle* (<https://worldle.teuteuf.fr/>); e B) do *True Size* (<https://www.thetruesize.com/>), ambos em versão web. Fonte: Worldle e True Size (2024).

O *Countryle* (<https://www.countryle.com/>) (Figura 4) também é um jogo que disponibiliza apenas um país/estado, por dia, semelhante ao *Worldle*. Disponível para *smartphones* e computadores, via Web, *Countryle* reúne diversos temas da geografia, com dicas para o jogador acertar o país, tais como: hemisfério, continente, temperatura média, população e coordenadas. Existem 3 variações de respostas que o jogo fornece, a fim de saber se está no caminho certo ou não para acertar o país do desafio diário. As simbologias vermelhas significam que os dados do país que o jogador digitou não se assemelham nem um pouco com o país do dia. A cor amarela é um meio termo, enquanto que a verde indica que está no caminho certo. Por exemplo, se o jogador digitou um país que está no hemisfério norte e a bolinha apareceu vermelha, significa que o país 'do dia' está localizado ao sul da Linha do Equador e assim, funciona para as outras dicas, com exceção das coordenadas, as quais possuem bolinhas azuis e indicam a direção que está o país correto, baseando-se sempre no palpite do jogador. As coordenadas podem ser os 4 pontos cardeais ou os 4 pontos colaterais.

Uma dinâmica em aula com esta plataforma, assim como o *Worldle*, necessita de um público com

faixa etária um pouco maior, entretanto, com a mediação de um professor e a consulta ao Mapa-múndi torna-se um jogo facilmente aplicável também para os anos finais do ensino fundamental, especialmente, para o 9º ano, visto que os alunos tiveram conteúdos sobre os continentes, ao longo do ensino fundamental. Outros temas que podem ser discutidos, a partir deste jogo, é como a temperatura varia de acordo com a latitude em que o país está localizado; a população dos países e os porquês das nações terem aquela população. No aspecto cartográfico, as formas e geometrias dos países, bem como, a utilização de coordenadas, podem ser consideradas na implementação da atividade.



FIGURA 4 - Interface digital do jogo *Countryle* (<https://www.countryle.com/>), em versão para a Web. Fonte: Countryle (2024).

CONCLUSÕES

A partir de dinâmicas envolvendo os quatro jogos citados, as potencialidades para o ensino da Geografia, utilizando a Cartografia, são enormes, desde a alfabetização cartográfica até a *quizzes*, envolvendo temas de todo campo geográfico, interpolando-os com a ciência cartográfica. A utilização dessas plataformas, em ambiente escolar, pode gerar um maior engajamento dos alunos com a disciplina, tornando os conteúdos mais atrativos e próximos à realidade do aluno, que se encontra inserido no mundo digital. Por meio da interação dos alunos com os jogos e de todas as suas funcionalidades, o pensamento espacial dos educandos poderá ser trabalhado de maneira prática e interativa. Usando o *City Guesser* e *GeoGuesser*, por exemplo, enquanto o jogo está representando um local, que, possivelmente, é novo para os alunos, estes precisam compreender o que estão vendo e identificar os sinais para arquitetar uma resposta, a qual envolve o manuseio de um Mapa-múndi. Ou seja, a todo momento, os alunos estão aguçando habilidades geográficas, a partir de um pensamento espacial.

Ao criar atividades educacionais em torno desses jogos, os professores podem personalizar o conteúdo, a fim de atender aos objetivos de aprendizado, específicos de suas turmas. Desde a exploração de diferentes culturas até a compreensão das relações entre clima, geografia e população,

há uma infinidade de oportunidades para enriquecer o currículo de geografia com esses jogos digitais. Outro ponto que deve ser levado em consideração é a relação de sociabilidade que os jogos podem gerar, tanto para professor-aluno quanto educando-educando, o que vai promover uma aprendizagem mais engajada e duradoura.

Apesar das inúmeras vantagens apresentadas, alguns obstáculos precisam ser pontuados. Para usufruir em totalidade das plataformas citadas, são necessários computadores ou dispositivos móveis, com acesso à internet estável, o que, infelizmente, não é uma realidade para boa parte da população. Outro ponto é o cuidado que o professor deve ter, enquanto administra as dinâmicas, para não perder o foco dos alunos, por conta do acesso à Internet e a celulares em sala de aula. Uma boa preparação do docente, antes de aplicar as atividades, é de grande importância, para que os resultados sejam satisfatórios.

Tem-se, como intuito, nos próximos passos da pesquisa, analisar mais jogos digitais, que possam contribuir no ensino da cartografia escolar, como as plataformas *Globe* (<https://globe-game.com/>) e *Travle* (<https://travle.earth/>). Entende-se que pesquisas como estas podem contribuir de forma significativa com as práticas docentes, à medida em que se explora e analisa a potencialidade de jogos, como recursos didáticos, relacionando-os aos conteúdos passíveis de se aplicar em geografia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARGOS, D.C.; MATIAS, L.F. O papel das geotecnologias no desenvolvimento do pensamento espacial. *Anekumene*, n. 15, p. 48-59, 2018.
- BREDA, T.V.; PICANÇO, J. O uso de jogos no processo de ensino aprendizagem na Geografia escolar. *Encontro de Geógrafos da América Latina*, v. 14, p. 1-19, 2013.
- DI MAIO, A.C.; SANTOS, E.P. Desafios da Cartografia: Jogo Eletrônico Educativo. *Revista Brasileira do Ensino Médio*, v. 5, p. 18-30, 2022.
- LOPES, O.R. **Jogo “ciclo das rochas”: um recurso lúdico para o ensino de geociências**. 2007. 131f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- RIZZATTI, M.; BECKER, E.L.S.; CASSOL, R. Cartografia escolar e jogos eletrônicos: a alfabetização cartográfica para interpretação de mapas em games. *Metodologias e Aprendizado*, v. 4, p. 241-248, 2021.
- PIAGET, J. **Seis Estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro: Forense, 1978. 146p.

CAPÍTULO 21

MAPAS TRIDIMENSIONAIS COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE GEOGRAFIA

Victor Hugo P. Ferreira¹

Gustavo Mota de Sousa¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA). BR-465. km 7. Zona Rural. Seropédica-RJ. Brasil. CEP: 23897-000. vitorugo01@ufrj.br; gustavoms@ufrj.br.

RESUMO

O processo de ensino e aprendizagem na Geografia, principalmente, quando são tratadas a geomorfologia, a cartografia e outras áreas físicas, trabalha com o imaginário e a visão de alunos e professores, para a compreensão de alguns processos naturais. Com as geotecnologias ganhando cada vez mais espaço, é importante que elas sejam introduzidas no ambiente escolar. Diversas escolas já estão recebendo kits de robótica, que contam com uma impressora 3D. Tendo isso em mente, o objetivo desse trabalho é apresentar a impressão 3D, como um recurso didático, para o ensino de geografia nas escolas. Os modelos tridimensionais têm um grande potencial de engajamento, visto que eles possibilitam a visualização de alguns conceitos, que, anteriormente, só seria possível idealizar no imaginário dos estudantes. Esse trabalho vai abordar a metodologia aplicada na construção dos modelos 3D, o resultado final de alguns modelos e também reflexões acerca dos pontos positivos e negativos, a respeito do uso da Impressão 3D, no ensino básico.

Palavras-chave: impressão 3D; ensino; geotecnologias; geografia.

ABSTRACT

The teaching and learning process in Geography, especially when we talk about geomorphology, cartography and other physical areas, works with the imagination and vision of students and teachers to understand certain natural processes. With geotechnologies gaining more and more ground, it is important that they are introduced into the school environment. Several schools are already receiving robotics kits that include a 3D printer. With this in mind, the aim of this paper is to present 3D printing as a didactic resource for teaching Geography in schools. Three-dimensional models have a great potential for engagement, since they make it possible to visualize some concepts that previously could only be imagined by students. This paper will look at the methodology applied in the construction of 3D models, the final result of some models and also reflections on the positive and negative points of using 3D printing in basic education.

Keywords: 3D printing; teaching; geotechnologies; geography.

INTRODUÇÃO

As geotecnologias aparecem simultaneamente com o crescimento da Internet, na década de 1980, e, a partir disso, elas se desenvolveram e se popularizaram. Fitz (2005, p. 3) define as geotecnologias, como sendo as novas tecnologias ligadas às geociências. As geotecnologias trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão e em tantos outros aspectos espaciais.

Com as questões ambientais e sociais se tornando temas centrais, nas discussões na década de 1990, o ensino da geografia, que antes era apenas descritivo e monótono para os alunos, passa a ser algo mais presente no seu cotidiano. E assim, com o passar dos anos, a forma de se ensinar geografia vai evoluindo e se adaptando às demandas e aos recursos atuais.

Na sociedade atual, as tecnologias estão presentes no cotidiano de grande parte da população, inclusive, entre os alunos no nível básico. Sendo assim, o professor pode se apropriar de tais tecnologias, para tornar o processo de aprendizagem mais atrativo e fácil.

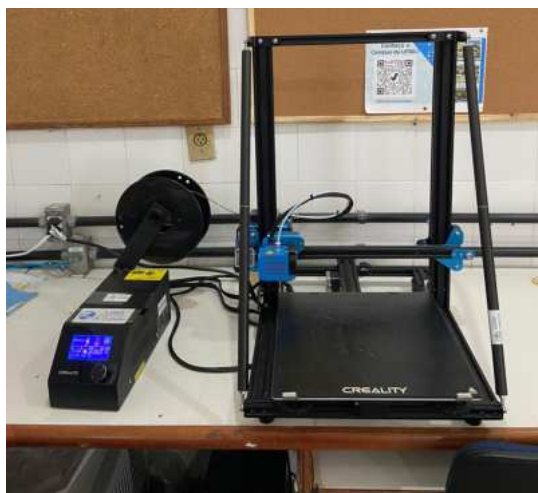


FIGURA 1 - Impressora 3D do Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA). Acervo do LiGA.

Tendo em mente que uma análise espacial pode trazer a compreensão de fenômenos físicos e antrópicos, como também pode ajudar a entender a relação homem-natureza, os modelos tridimensionais surgem como um recurso valioso e com grande potencial de engajamento. O uso da impressão 3D, no ensino de geografia, facilita a compreensão de conceitos físicos e visuais, fazendo com que o processo de aprendizagem seja mais prático e dinâmico. Além disso, a inserção de tecnologias no ensino básico capacita os alunos a usar novas tecnologias no futuro. Por meio de um mapa 3D, é possível compreender a dinâmica climática, geomorfológica e/ou espacial de um determinado local.

METODOLOGIA

Para a construção de um modelo tridimensional para impressão 3D, o primeiro passo é a definição da área de impressão e a obtenção da base cartográfica. Para isso, foi utilizado o sistema de informação geográfica (SIG) QGIS v. 3.22 para a obtenção do modelo digital de elevação (MDE), por meio de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission – NASA*), com resolução de 90m. Essas imagens *raster* foram obtidas no próprio QGIS, por meio do complemento *OpenTopography DEM Downloader*. Ainda no SIG QGIS, o próximo passo consistiu em transformar a imagem *raster* em um objeto 3D e, para tanto, foi utilizado o complemento *DEMto3D*, que possibilita configurar o exagero vertical, definir a espessura da base (para o modelo 3D) e transformar o arquivo em STL, o formato utilizado para impressão 3D.

Tendo concluído a etapa do QGIS, o arquivo STL é inserido no *Microsoft 3D Builder*, onde é possível fazer edições no modelo. Para que um modelo 3D possa ser considerado um produto cartográfico válido, é necessário que ele possua alguns elementos cartográficos, como uma escala gráfica, uma seta norte e um título. Pensando nisso, esses elementos foram inseridos nos modelos, por meio do programa *3D Builder*.

Outro programa, utilizado após a edição do modelo 3D ter sido finalizada, é o *UltiMaker Cura v. 5.2.1*. Esse programa fatiador permite preparar a impressão do modelo, por meio de algumas configurações, como a temperatura do prato e o bico da impressora 3D, a velocidade de impressão, a qualidade da impressão; além de permitir também uma pré visualização, acerca de como a impressão ocorrerá, camada por camada, além de informar o tempo de impressão do modelo e a quantidade de filamento (em gramas e metros) que será utilizada. E, para a impressão dos modelos, a impressora 3D disponível para uso no laboratório LiGA é a *Creality CR-10* (Figura 1).

Para os modelos mais recentes, foi adicionada uma ficha técnica. Essa ficha é colada atrás dos modelos e reúne informações importantes, como escala, dimensões, título, exagero vertical, material utilizado, fonte e outras informações, que facilitem o entendimento.

Todos os processos metodológicos utilizados na presente pesquisa foram incluídos no fluxograma disponível na Figura 2, desde a obtenção dos dados até o resultado final, que é o modelo 3D impresso.

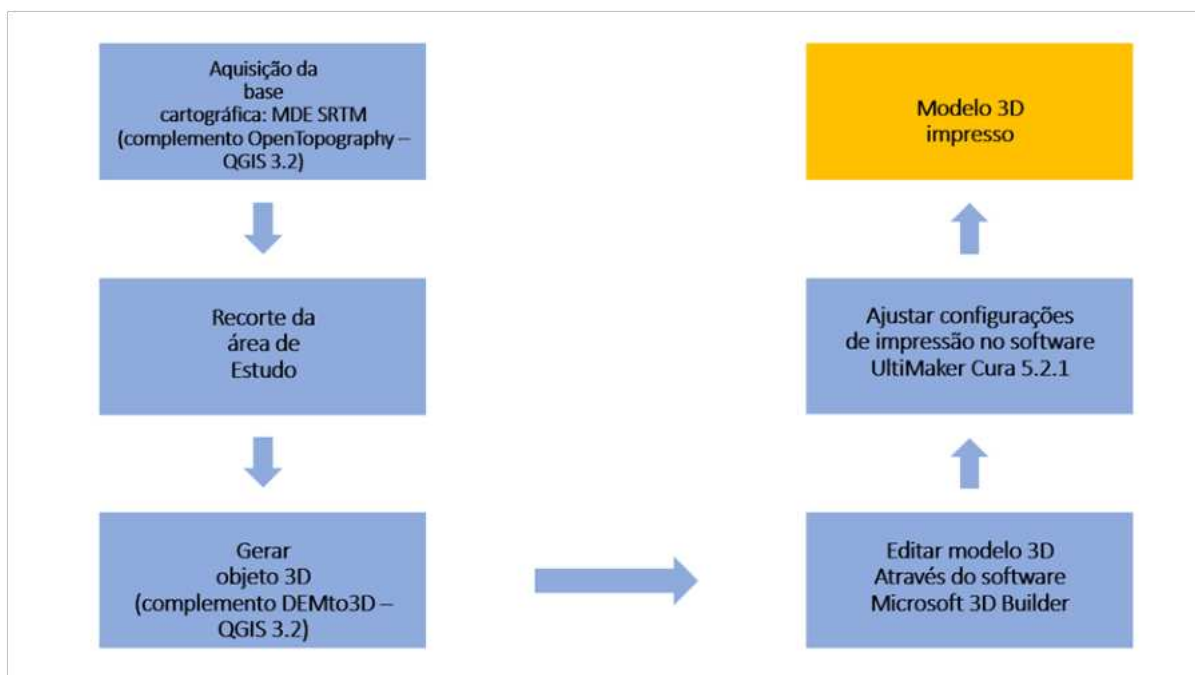


FIGURA 2 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

Para selecionar as áreas que seriam impressas nesse projeto, foi dada prioridade a locais que se encaixem no contexto no qual alunos da UFRRJ ou de instituições parceiras. Por isso, uma das áreas de estudo escolhidas para a impressão, foi o Maciço do Gericinó-Mendanha (Figura 3). O Maciço do Gericinó-Mendanha é um dos três maciços costeiros presentes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), abrangendo os municípios de Nova Iguaçu, Mesquita e Rio de Janeiro, e possuindo uma área de, aproximadamente, 7.972,40 hectares. Basicamente, o maciço é dividido em 4 principais unidades ambientais protegidas, que são: a Área de Proteção Ambiental Estadual de Gericinó-Mendanha (APAGM), o Parque Natural Municipal da Serra do Mendanha (PNMSM), o Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu (PNMNI) e o Parque Estadual do Mendanha (PEM) (INEA, 2017). Essas unidades garantem a preservação da fauna e flora, a apreciação das paisagens naturais e a conservação dos sistemas geo-hidrológicos da região.

Um dos maiores desafios no aprendizado das Ciências da Terra é conseguir enxergar os processos que ocorrem em grandes escalas espaciais e temporais (Kreylos, 2016), e para isso, a impressão de modelos de diversos relevos 3D pode facilitar o entendimento de conceitos geográficos, como as bacias hidrográficas, as curvas de nível, entre outros. Pensando nisso, outros modelos 3D foram impressos, a partir de parcerias, como o Programa de Extensão Guarda Compartilhada FLONA Mário Xavier (Flona MX), que realiza atividades de visitação escolar em educação área, localizada no município de Seropédica. O modelo 3D da Flona MX (Figura 4) apresenta geomorfologia específica, com baixa declividade, tendo sido construído, a partir de curvas de nível em escala 1:50.000. Esse resultado é importante, pelo contexto na qual essa unidade de conservação está inserida, visto que ela tem uma relação social com os habitantes de Seropédica e os visitantes de municípios vizinhos.

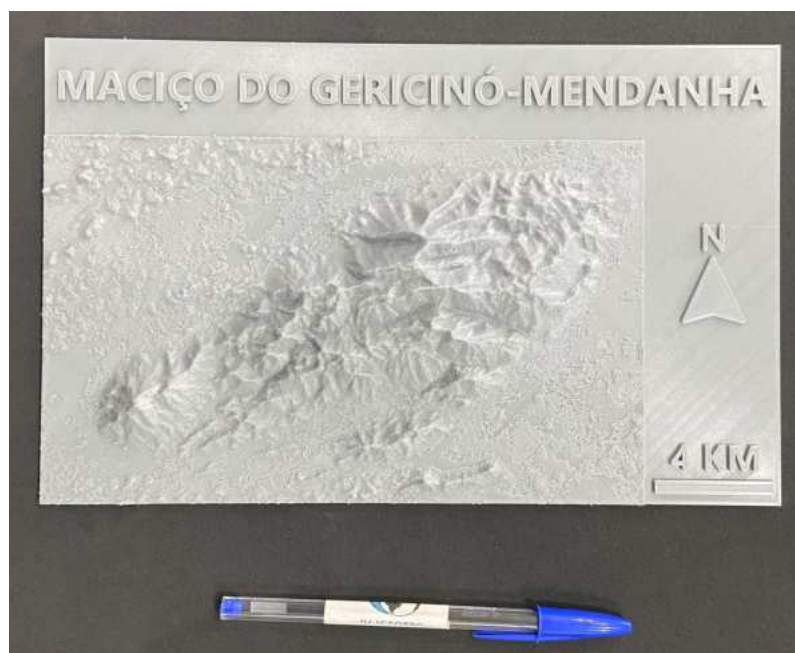


FIGURA 3 - Modelo do Maciço Gericinó-Mendanha, impresso em 3D. Elaboração própria.

RESULTADOS

Pensando também em um contexto onde a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) está inserida, foi construído um modelo do Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro (Figura 5), que engloba os municípios de Seropédica, Itaguaí, Paracambi, Japeri, Nova Iguaçu, Queimados e a Área de planejamento AP5 do município do Rio de Janeiro.



FIGURA 4 - Modelo da Floresta Nacional Mário Xavier, impresso em 3D. Elaboração própria.



FIGURA 5 - Modelo do Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro, impresso em 3D. Elaboração própria.

Pensando em democratizar o acesso aos modelos construídos, todos os modelos apresentados neste trabalho (e também outros modelos 3D) estão disponíveis em arquivo na extensão .STL, no *website* do Grupo de Pesquisa de Cartografia e Modelagem de Dados Ambientais vinculado, ao LiGA - UFRRJ (<https://ligacart.ufrj.br/impressao-3d/>). Como mencionado anteriormente, o objetivo é que tais modelos sirvam de suporte no processo de aprendizagem de alguns conceitos cartográficos e geomorfológicos, de modo visual e tátil. Além dos modelos apresentados aqui, também estão disponíveis os modelos dos 2 maciços costeiros da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o Maciço da Pedra Branca e o Maciço da Tijuca; da Ilha Grande (em Angra dos Reis); do Pão de Açúcar; e do Parque Nacional do Itatiaia.

Além disso, os modelos 3D foram apresentados em visitas escolares de outras instituições ao LiGA-UFRRJ e em minicursos de extensão. A disseminação da metodologia deste trabalho e os resultados alcançados estão sendo difundidos para interessados, em eventos como a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), que acontece anualmente na UFRRJ, dentre outras atividades de ensino, pesquisa e extensão.

CONCLUSÕES

Apesar dos potenciais pedagógicos apresentados nesse trabalho, é importante também citar alguns problemas e limitações no uso e na aplicação dessa tecnologia no ensino. É preciso levar em consideração o contexto social, em que estamos inseridos, a fim de entender a realidade vivida pelos professores e estudantes de escolas públicas. Por isso, uma das grandes dificuldades, se não a maior, é a inserção dessa tecnologia e a capacitação de professores, que nunca antes tiveram contato com essa técnica. É preciso que haja um trabalho de capacitação de professores, para o uso dessa e de outras técnicas no ensino, não somente para a disciplina da geografia.

Apesar desses obstáculos, a construção dos modelos 3D e a disseminação da metodologia são importantes para as escolas públicas, que têm recebido *kits* de robótica, que contém impressoras 3D, dentre outros componentes, que fazem parte do futuro da educação. A intenção de ampliar ainda mais o repositório de modelos 3D, em formato de mapas tridimensionais, favorece essa necessidade para os estudos da geografia física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORREA, M.G.G.; FERNANDES, R.R.; PAINE, L.D. Os avanços tecnológicos na educação: o uso das geotecnologias no ensino de geografia, os desafios e a realidade escolar. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, 2010, p. 91-96.

FITZ, P.R. Novas tecnologias e os caminhos da Ciência Geográfica. **Diálogo Tecnologia**, v. 6, p. 35-48, 2005.

INEA. **Área de Proteção Ambiental de Gericinó-Mendanha.**

<http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/conheca-as-unidades-de-conservacao/apa-de-gericino-mendanha/>

KREYLOS, O. *et al.* Augmented Reality Turns a Sandbox into a Geoscience Lesson: Superimposing responsive digital effects onto sand in a sandbox places educators, students, and policy makers in an augmented reality, offering a hands-on way to explore geoscience processes. **Eos**, Califórnia, 26 jul. 2016.

<https://eos.org/science-updates/augmented-reality-turns-a-sandbox-into-a-geoscience-lesson>

CAPÍTULO 22

“NO MEIO DO CAMINHO TINHA UMA PEDRA, TINHA UMA PEDRA NO MEIO DO CAMINHO”: BENDEGÓ E A SAGA DO SEU TRAJETO ATÉ O MUSEU NACIONAL CONTADA POR UM VIDEO GAME

Letícia de Oliveira Rangel¹

Angelline Maciel Bulla¹

Manoel do Couto Fernandes¹

Paulo Márcio Leal de Menezes¹

Francisco Carlos Moreira Gomes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. rangel.leticia.ufrj@gmail.com; angellinembulla@gmail.com; manoel.fernandes@igeo.ufrj.br; pmenezes@igeo.ufrj.br; FranciscoCarlosMoreiraGomes@gmail.com.

RESUMO

A pesquisa busca disseminar o conhecimento sobre a *Expedição Bendegó*, de forma visual e interativa, além da academia. O jogo *Estrela Itinerante: Jornada do Bendegó*, em fase beta, apresenta boa jogabilidade, mas com pequenos erros a corrigir. Com mapas conectados, cada fase reflete um recorte temporal e espacial do trajeto, com eventos relevantes, animados como obstáculos. As características visuais do jogo remetem à geografia dos locais, incluindo elementos como cores e vegetação específicas. A representação dos trabalhadores da expedição no jogo foi uma preocupação, adaptando o *design* do personagem principal, a fim de refletir essa diversidade. A inclusão de texto relaciona cada localidade e evento com as datas exatas de passagem da expedição. Apesar de não garantir a precisão do Web GIS, essa abordagem inovadora articula geografia cultural e cartografia histórica.

Palavras-chave: Expedição Bendegó; jogo interativo; geografia cultural, cartografia histórica.

ABSTRACT

The research aims to disseminate knowledge about the Bendegó Expedition, in a visual and interactive way, beyond academia. The game *Wandering Star: Bendegó's Journey*, in beta phase, offers good gameplay, but with minor errors to be corrected. With connected maps, each stage reflects a temporal and spatial cut of the route, with relevant events animated as obstacles. The game's visual characteristics refer to the geography of the locations, including elements such as specific colors and vegetation. The representation of the expedition workers in the game was a concern, adapting the design of the main character to reflect this diversity. The inclusion of text relates each locality and event to the exact dates of the expedition's passage. Although it does not guarantee the accuracy of WebGIS, this innovative approach articulates cultural geography and historical cartography.

Keywords: Bendegó Expedition; interactive game; cultural geography, historical cartography.

INTRODUÇÃO

A cartografia histórica, parte de qualquer esforço de pesquisa que busca, por meio de mapas antigos, a resposta para questões diversas. É importante destacar que a cartografia histórica pode se valer das mais variadas técnicas, a fim de operacionalizar suas análises (Menezes *et al.*, 2021). Dentre as ferramentas usadas como meio da construção de análises em torno da cartografia histórica, atualmente, o uso de tecnologias e geotecnologias vem ampliando as possibilidades e campos de análise, oferecendo aos pesquisadores e entusiastas da área, outras abordagens, com maior interatividade e imersão no processo de explorar, analisar e divulgar conteúdo de suas pesquisas.

Neste contexto, os *story maps* (mapas que contam histórias) vem se consolidando como uma das principais ferramentas para a divulgação científica de descobertas da cartografia histórica. Segundo a Esri, produtora deste tipo de programa, um *story map* é um mapa web elaborado para fornecer informações, integrando simultaneamente mapas, legendas, texto, fotos e vídeos, que fornecem funcionalidades diversas, ajudando os usuários a explorar esse conteúdo, de forma mais autônoma e interagindo com os mapas.

Assim, os autores vêm abordando temáticas relacionadas à cartografia histórica, desenvolvendo um Esri *StoryMap*. Um exemplo interessante pode ser visto nos esforços de Moreira et. al. (2023), trabalhando na tentativa de apresentar as transformações ocorridas na calha dos rios do Primeiro Distrito da Cidade de Petrópolis, entre 1945 e 2022. Nesta mesma perspectiva, Pacheco, Costa e Alves, (2018) desenvolveram um *StoryMap* sobre os relatos da viagem de Lopes Mendes, ocorrida no século XIX. Por fim, entre tantos outros, ainda é possível destacar o trabalho de Rangel e Bulla (2023), que contaram a história do processo de traslado do meteorito Bendegó, do interior da Bahia até o Museu Nacional, no século XIX. Fato esse, que, além de ter um valor histórico para a sociedade brasileira, ganhou mais relevância ainda após o incêndio do Museu Nacional, ocorrido em 2018, quando o Bendegó tornou-se um símbolo de resistência.

Todavia, ainda que os *StoryMaps* se coloquem como importantes meios de divulgação para a cartografia histórica, o desenvolvimento (geo)tecnológico vem ampliando as possibilidades para o emprego de novas abordagens, à medida que reduz o custo e a complexidade de sua implementação. Uma destas inovações é a iniciativa que busca promover a imersão na cartografia histórica, por meio da introdução do uso de *videogames*.

De forma geral, o uso de jogos eletrônicos, como ferramenta para trabalhar aspectos da cartografia, já vem sendo debatida por diversos autores (Edler e Dickmann, 2016; 2017; Dugas, 2019). Diante desta realidade, o capítulo visa discutir o processo de criação de um jogo, aplicando a cartografia histórica. A partir do trabalho de Rangel e Bulla (2023), foi desenvolvido o jogo *Estrela Itinerante: Jornada do Bendegó*, que busca apresentar ao usuário uma experiência mais imersiva no processo de traslado do meteorito Bendegó, da Bahia ao Rio de Janeiro, no século XIX.

METODOLOGIA

O processo metodológico que conduziu este desenvolvimento, se inicia na revisão das informações contidas no *StoryMap*, criado por Rangel e Bulla (2023), apresentando o trajeto da *Expedição Bendegó*, desde o Sertão baiano ao Rio de Janeiro. Finalizado o processo de revisão das informações presentes no *StoryMap*, foi realizada uma breve visita aos documentos históricos, usados em sua construção, a fim de coletar informações complementares sobre a campanha de traslado do meteorito, assim como os elementos fisiográficos dos locais explorados, acontecimentos marcantes durante o trajeto, bem como os personagens principais presentes na campanha, que poderiam não estar presentes no *StoryMap*, haja vista sua proposta original, enquanto meio de divulgação. Com todas essas informações levantadas, foi elaborado um roteiro para o jogo, a fim de estabelecer os elementos fundamentais e construir a narrativa, dentro de um fluxo lógico de eventos, na introdução da história, no processo de gamificação.

Com a elaboração do roteiro, definindo as personagens e eventos a serem construídos, ao longo do desenvolvimento do *game*, e as interações que essas personagens teriam, foi iniciada a etapa de construção da interface. Como plataforma para a criação do jogo, foi selecionada a plataforma *RPG Maker XP*, desenvolvida pela empresa *Enterbrain*. O programa permite que o desenvolvedor crie jogos baseados no gênero *role-playing game* (RPG), no qual os jogadores assumem o papel de personagens, em um mundo fictício, e a história se dá por meio da resolução de desafios, através de habilidades, eventos e a interação com outros personagens do jogo.

No *RPG Maker XP*, ocorre ainda a possibilidade de importar as bases de outros jogos desenvolvidos pela comunidade, modificando-os, de acordo com as necessidades do desenvolvedor. De forma geral, o uso destas bases auxilia no processo de criação do jogo, uma vez que já possuem previamente construídos os personagens e eventos programados, que poderiam ser mais facilmente aproveitados e adaptados, de acordo com o escopo e o objetivo da pesquisa. Logo, dentre as opções de bases disponíveis, foi destacado o *Pokémon Essentials*. Além de ser um dos modelos de desenvolvimento mais antigos disponíveis, o que representa a existência de um grande número de material de apoio disponível, possui ainda uma comunidade ativa e engajada, com a capacidade de auxiliar em problemas presentes durante o desenvolvimento.

Selecionada a plataforma de desenvolvimento e o gênero base para a criação do jogo, foi empreendido o processo de criação dos cenários e mapas, de acordo com o roteiro elaborado na etapa anterior. Além dos cenários, nesta etapa, também foram inseridos os eventos e interações, com os quais, a personagem principal teria contato, durante o processo de traslado do meteorito Bendegó. Esses eventos foram aplicados, de modo a simular acontecimentos que marcaram a campanha, como as fortes chuvas descritas no diário do chefe da campanha, que levaram a equipe a ter dificuldades de movimentar o meteorito. Ou ainda, o evento de quebra do carro de bois, usado para o transporte do meteorito, ao longo do Sertão da Bahia, que necessitou de reparos na viagem.

Por fim, a última etapa do desenvolvimento do jogo consistiu na tentativa de modificar a aparência dos personagens presentes na base do *Pokémon Essentials*, a fim de ambientar suas características mais proximamente aos personagens reais históricos, que participaram da campanha. Essa modificação foi realizada, a partir da inclusão dos gráficos originais no programa *Adobe Photoshop 2020*, aplicando a edição e os ajustes de *design* necessários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O jogo *Estrela Itinerante: Jornada do Bendegó* é um jogo desenvolvido para plataforma *Windows*, baseado no sistema de jogos de 16 bits, criado nos anos 90. Seu desenvolvimento ocorreu a partir dos modelos dos jogos de *Pokémon* para *Game Boy Advance*, da empresa *Nintendo*. O jogo conta a história do traslado do meteorito até o Rio de Janeiro, a partir da história de um dos personagens que trabalharam no processo de movimentação do meteorito no século XIX. Como a história desta campanha perpassa pelo interior do Estado da Bahia até a sua capital, Salvador, posteriormente, indo até Pernambuco, de barco, para então, chegar ao seu destino final, o Rio de Janeiro; o usuário do *game* passa por diversos cenários, que tentam imitar a paisagem geográfica para melhor ambientação do jogo.

Ainda durante o desenvolvimento, ocorreu uma preocupação de realizar a caracterização de personagens, que se aproximasse mais das características dos personagens históricos que fizeram parte deste acontecimento, com o objetivo de proporcionar uma melhor imersão dos usuários. Por exemplo, originalmente, o narrador do jogo base foi alterado para se assemelhar a Joaquim Elísio Pereira Marinho (o Barão de Guai), principal financiador da campanha (Figura 1). Outras personagens, como a que o jogador incorpora, também foram estilizados, a fim de se adequar ao período histórico.

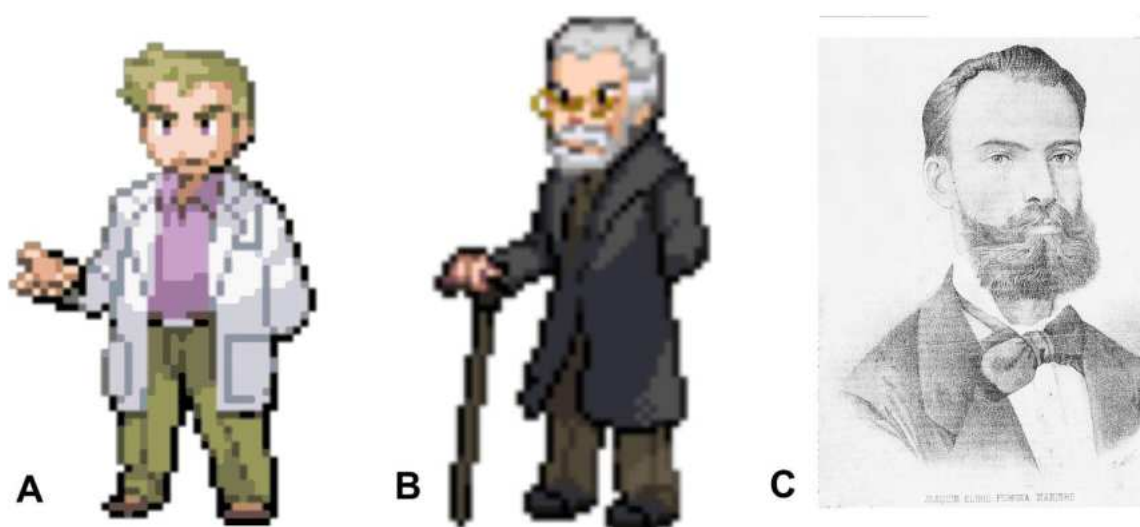


FIGURA 1 - A) narrador oficial do jogo original; B) caracterização feita a fim de se aproximar ao máximo da figura histórica relacionada à campanha; C) foto da figura histórica de inspiração, Joaquim Elísio Pereira Marinho (Barão de Guaí). Elaboração própria.

Assim, com relação à jogabilidade, o aplicativo tem, como característica básica, ser uma narrativa curta, com o objetivo de ser uma experiência rápida para os usuários. Pois, durante o desenvolvimento, ocorreu a pretensão de apresentar o jogo ao público próximo ao meteorito Bendegó, no Museu Nacional. Logo, considerou-se que o tempo estimado de jogo ideal seria em torno de cinco minutos para percorrer todo o trajeto e história da campanha.

Assim, o jogo começa com a personagem principal, no local de queda do meteorito, em busca de conduzi-lo à Cidade do Rio de Janeiro (Figura 2B). Ao longo do trajeto, são incluídos eventos e atores que simulam situações presentes no relatório da missão, como por exemplo, no início da expedição, fortes chuvas atingem a região de Monte Santo - BA, inviabilizando o transporte por dias (Figura 2C). Outro ponto marcante da história do transporte do meteorito, está relacionado com a chegada à Estação Ferroviária de Jacurici (Figura 2D), onde embarca no trem em direção a Salvador e, em meio a outros reveses, finalmente, chega no Museu Nacional do Rio de Janeiro (Figura 3E). Sendo esses apenas, alguns exemplos dos cenários que compõem a narrativa do jogo.

Ao longo de todo o trajeto, também são apresentados diversos personagens não jogáveis (NPCs), que trazem ao usuário da aplicação a possibilidade de interagir, a fim de obter novas informações e curiosidades sobre a geografia e a história locais, além de outros acontecimentos relevantes, no processo de transporte do meteorito.



FIGURA 2 - A) tela inicial da aplicação; B) local de início do jogo; C) evento das fortes chuvas de Monte Santo (BA), que prejudicaram a campanha; D) chegada do meteorito na Estação de Jacurici; E) recepção do Bendegó no Museu Nacional do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

O fato de, tradicionalmente, o desenvolvimento de jogos não fazer parte da geografia, mesmo que os mapas e a espacialidade dos eventos seja um aspecto importante em grande parte dos jogos (Oliveira, 2023), as iniciativas de executar projetos com geógrafos desenvolvendo jogos, geografia e cartografia, de maneira integrada (no caso em questão, a cartografia histórica), são desafiadoras. Logo, de um modo geral, é possível sustentar que a interface possui uma boa jogabilidade, mas que ainda apresenta algumas pequenas alterações, que devem ser ajustadas, no decorrer do aprimoramento do jogo.

Porém, mesmo com os desafios encontrados, o projeto foi capaz de incorporar, na proposta do jogo, de forma bem alinhada, tanto a espacialidade dos eventos, que marca a campanha de transporte do Bendegó ao Rio de Janeiro, como os fatos históricos, que marcaram esse processo.

Assim, é possível considerar que ocorreu conexão entre o jogo e as informações levantadas no *StoryMap* sobre o Bendegó, de Rangel e Bulla (2023), que também abarcava relatos, em conjunto ao mapa. Apesar do jogo não garantir a precisão que uma aplicação *WebGIS*, pode oferecer, em relação à cartografia moderna, uma nova forma de articular a geografia e a cartografia histórica, de forma mais didática e imersiva.

E, como a cartografia histórica, já citado anteriormente, parte de qualquer esforço de pesquisa que busca, por meio de mapas antigos, a resposta para questões diversas, usando as mais variadas técnicas, a fim de operacionalizar suas análises (Menezes *et al.*, 2021), o que representa maior liberdade para experimentar outras formas de abordagem, como no caso da pesquisa em questão, o desenvolvimento de jogos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A princípio, foi apresentado que, na cartografia histórica, diversos autores têm explorado formas inovadoras e interativas para analisar e apresentar os resultados de suas pesquisas. Neste movimento, os *StoryMaps* vem se colocando como uma das principais plataformas usadas pelos pesquisadores da área da cartografia histórica, como meio de divulgação científica. Todavia, foi problematizado que, mesmo os *StoryMaps* sendo ferramentas valiosas, o constante desenvolvimento tecnológico colocam à disposição de pesquisadores da área outras abordagens, capazes de propiciar maior interatividade e imersividade do público em geral para com as descobertas da cartografia histórica.

Parte destas alternativas corresponde às tentativas de incorporar os *videogames* nas pesquisas de cartografia histórica, implementando melhor ambientação dos locais e fatos narrados. Nesta perspectiva, o presente artigo buscou apresentar uma destas iniciativas, desenvolvidas ao redor da criação de um jogo sobre o processo de traslado do Meteorito Bendegó, no século XIX, por meio da cartografia histórica.

Como resultado, observou-se que os esforços na construção da aplicação foram os de adaptar os acontecimentos e cenários, alinhados aos acontecimentos históricos que marcaram a campanha de movimentação do Bendegó, analisados em torno da perspectiva da cartografia histórica. O jogo, enquanto ferramenta de divulgação científica, mesmo não conservando a precisão cartográfica em sua forma de apresentar os conteúdos, é capaz de apresentar nova forma de articular a geografia e a cartografia histórica, de maneira mais instrutiva e envolvente.

Enquanto desafios, como a geografia não possui tradição na área de desenvolvimento de jogos, mesmo que boa parte dos jogos, atualmente, tenham alguma espécie de mapa, ainda existe a necessidade de buscar a correção de algumas falhas na plataforma, promovendo um aprimoramento na experiência do usuário.

De modo mais amplo, para além dos resultados obtidos com relação ao jogo *Estrela itinerante*, a pesquisa demonstra a potencialidade de área para a atuação da geografia e da cartografia histórica para a criação de novas ferramentas tecnológicas. Neste cenário, é possível que, além de consumidores de tecnologia/geotecnologia, a geografia tome um papel de centralidade no desenvolvimento destas ferramentas, atendendo às demandas específicas, que a cartografia histórica apresenta, enquanto ramo de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, J.C. **Meteorito Bendegó**: Relatório apresentado ao Ministério da Agricultura e Obras Públicas e à Sociedade de Geografia do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. [s.n.], 1888.
- DUGAS, P.O.T.; LALONE, N.; ALHARTHI, S.A.; SHARMA, H.N.; WEBB, A.M. Making maps available for play: analyzing the design of game cartography interfaces. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)**, v. 26, n. 5, p. 1-43, 2019.
- EDLER, D.; DICKMANN, F. Interactive Multimedia Cartography of Virtual Worlds in Early Video Games—The Example of "Super Mario World". **KN-Journal of Cartography and Geographic Information**, v. 66, p. 51-58, 2016.
- EDLER, D.; DICKMANN, F. The impact of 1980s and 1990s video games on multimedia cartography. **Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, v. 52, n. 2, p. 168-177, 2017.
- GOMES, P. Cenários para a geografia: sobre a espacialidade das imagens e suas significações. In: ROSENTAL, Z. e CORRÊA, R.L. (org.). **Espaço e Cultura**: pluralidade temática. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2008.

- JACKSON, P.; COSGROVE, D. Novos rumos da Geografia Cultural. *In*: CORREA, R. e ROSENTAL, Z. (org.) **Introdução à Geografia Cultural**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.
- MENEZES, P.M.L. *et al.* Cartografia Histórica e Geoinformação. *In*: MENEZES, P.M.L; FERNANDES, M. do C; CRUZ, C.B.M. (org.). **Cartografias do Ontem, Hoje e Amanhã**. Curitiba: Appris, 2021. p. 51-92.
- MOREIRA, D.F.; BRANDÃO, H.D; LIMA, U; SANTOS, K.S; FERNANDES, M. do C. A Geovisualização para a Cartografia Histórica: O uso de Story Maps no mapa “Município de Petrópolis - Cidade de Petrópolis - 1º distrito” (1945). **Revista Continentes (UFRRJ)**, ano 11, n. 22, 2023.
- OLIVEIRA, A.G.S.O. **Os mapas in game: uso dos elementos cartográficos para interpretação dos mapas em jogos eletrônicos**. 2023. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2023.
- PACHECO *et al.* Um StoryMap da viagem de Lopes Mendes à Amazônia em 1982/83. **Revista da Educação Geográfica**, Universidade do Porto, n. 3, p. 93-99, 2018.
- RANGEL, L.O.; BULLA, A.M. **Tinha uma pedra no meio do caminho? Breve história da expedição do meteorito Bendegó, desde o sertão baiano, onde foi encontrado, ao Rio de Janeiro**. StoryMaps, 10 de maio de 2023. <https://storymaps.arcgis.com/stories/38b7e833596049169192ecbd15bcb5c7>

CAPÍTULO 23

O USO DOS APLICATIVOS COLAB E GPS ESSENTIALS NA ANÁLISE ESPACIAL PARA PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARIMBONDO EM SÃO GONÇALO, RJ

Ingrid Costa e Silva Feitosa¹
Renata da Silva Rodrigues Gonçalves¹
Isabela Habib Canaan da Silva¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Departamento Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. ingridfeitosa98@outlook.com; renatagoncslv@gmail.com; isabelahabib@gmail.com.

RESUMO

O presente texto aborda a utilização dos aplicativos *Colab* e *GPS Essentials*, para análise espacial na prevenção de desastres naturais na bacia hidrográfica do Rio Marimbondo, em São Gonçalo, RJ. Os aplicativos foram utilizados como ferramenta didática, a fim de auxiliar no levantamento de dados relacionados aos desastres (movimentos de massa e ocorrências hidrológicas) e para registrar a geolocalização de ocorrências. O *Colab* foi escolhido, por ser um aplicativo que promove a cidadania, com a participação direta da população para o registro de eventuais episódios que possam afetar a vida cotidiana; enquanto o *GPS Essentials* é um aplicativo de geolocalização. Junto com os aplicativos, foi possível mapear os fenômenos relacionados à degradação natural dentro da bacia e promover ações e soluções para a mitigação dos desastres naturais. As ações foram promovidas em um circuito com levantamento de dados e análise espacial, atentando para um olhar crítico das práticas do cotidiano populacional, buscando a construção de um pensamento geográfico para a preservação e o gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Marimbondo.

Palavras-chave: *Colab*; bacia hidrográfica, educação ambiental, *GPS Essentials*; rio Marimbondo.

ABSTRACT

This text addresses the use of the Colab and the GPS Essentials mobile apps for spatial analysis in the prevention of natural disasters in the Marimbondo River basin. The APPs were used as a teaching tool to assist in collecting data related to disasters and recording the location of the information that was reported. Colab app was chosen it is an APP that promotes citizenship directly among the people, recording any episodes that may affect their lives. In addition, the GPS Essentials is an app for precise location. With the APPS it was possible to map natural phenomena related to degradation within the basin and promoted it in a circuit with data collection and spatial analysis, focusing on critical eyes at daily popular practices, searching to build geographic thinking regarding the preservation and management of the Marimbondo River Basin.

Keywords: *Colab, environmental education, GPS Essentials, Marimbondo's river, river basin.*

INTRODUÇÃO

As dinâmicas climáticas estão acontecendo e afetando, principalmente, as pessoas que vivem em locais de insegurança, ou seja, a parcela desprivilegiada. Esta parte da população está presente em áreas em que houve um processo de urbanização e/ou ocupação desordenada, isto é, não planejada. Portanto, esse processo deu margem para o crescimento populacional desproporcional e estes locais se tornaram ambientes mais expostos à falta de serviços públicos básicos e de assistência social, ou seja, estão expostos a situações de negligência estatal e, principalmente, às consequências mais intensas dos fenômenos naturais, mas que, quando atingem os seres humanos, são considerados desastres (Porto-Gonçalves, 2006).

Nesse ponto de vista, são as políticas públicas, as ferramentas responsáveis por reduzir esses danos e, assim, por meio dos planos de ação, projetados por instituições de ensino, a escola se torna um local essencial e acessível para colocar em ação essa prática, para além de suas funções institucionais, pois a escola é um espaço em que toda a população deve passar, sendo responsável por desenvolver cidadãos comprometidos com as necessidades da comunidade a qual pertencem (Gonçalves, 2014). Dessa maneira, a educação ambiental se torna uma ferramenta passível de reduzir os riscos desses desastres.

Assim, faz-se necessário o estudo e o levantamento de dados ambientais, com fins à prevenção de tais fenômenos. Por isso, com base na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), está inserida a Lei n. 12.608/2012, que presume a existência de um sistema de informações e monitoramento de desastres naturais, que afetam diretamente atividades socioeconômicas, educacionais e ambientais. Dessa maneira, a atividade desenvolvida propõe explorar o uso de aplicativos, no gerenciamento da bacia hidrográfica do Rio Marimbondo (Figura 1). Essa sub-bacia está presente na cidade de São Gonçalo - RJ, fazendo dela, uma área de estudo ideal para a implementação de uma metodologia de extensão de estudos para a prevenção aos desastres - o mapeamento colaborativo, por meio de aplicativos.

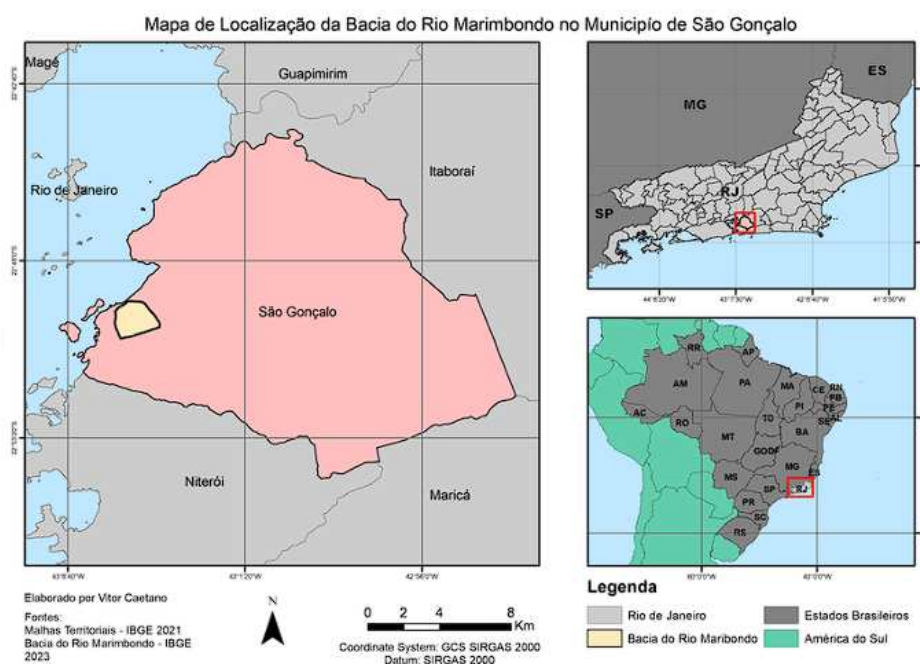


FIGURA 1 -
Localização
da Bacia do rio
Marimbondo,
no município de
São Gonçalo (RJ).
Elaboração própria.

METODOLOGIA

Para a realização desta atividade, deve ficar claro que foi feito o levantamento dos registros de desastres naturais, em um primeiro momento, em que foi possível a reunião de artigos científicos e legislações, que atendem a temática de desastres naturais, reportagens, entrevistas com acadêmicos e com a população local, trabalhos de campo na bacia hidrográfica, participação em eventos, palestras e cursos de capacitação da Defesa Civil, do município de São Gonçalo (RJ).

Além disso, a partir desse levantamento de registros, foi possível coletar e monitorar dados geomorfológicos, de uso e cobertura do solo, de suscetibilidade a inundações, as ocorrências de movimentos de massa, de padrões de relevo, de precipitação, informações populacionais e levantamento da localização de escolas presentes na área de estudo. E então, com a organização de bases cartográficas específicas da região escolhida, foi possível então fazer uma estruturação do

banco de dados, em ambiente SIG, e assim, mapear a incidência de desastres naturais. Tendo sido possível elaborar propostas de estudos para a bacia hidrográfica, sendo essa, a bacia do rio Marimbondo; além de uma metodologia com dados específicos, planejada para a realização da oficina de prevenção.

O método utilizado consistiu em um trabalho de campo, no qual dividiu-se a turma em grupos que baixaram previamente os aplicativos, em seus *smartphones* pessoais; e, no dia do campo, um integrante de cada grupo ficou responsável pelos respectivos aplicativos, além de ter sido selecionado um integrante para fazer os registros fotográficos e outro, para fazer os relatórios escritos. O propósito do percurso (Figura 2) era registrar e mapear, ao longo do curso do rio, indicativos e evidências de desastres naturais e ambientais.

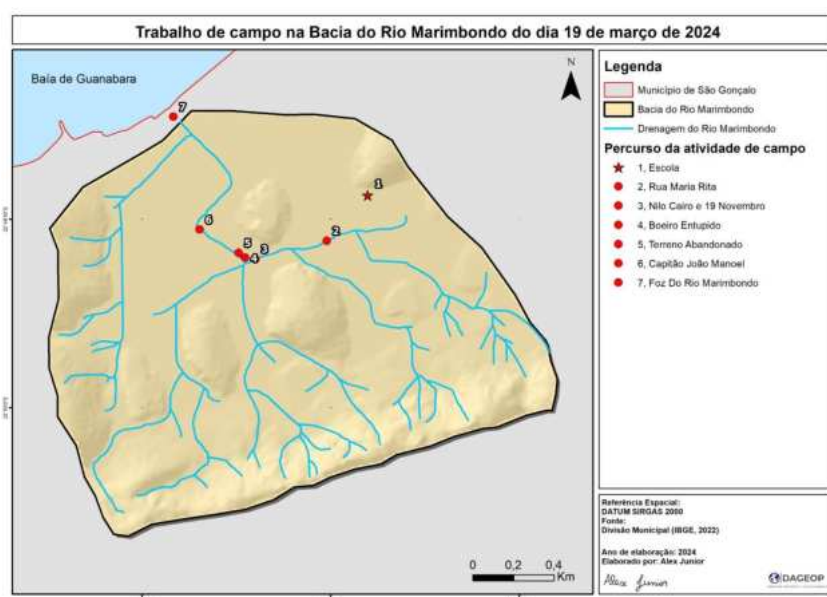


FIGURA 2 - Percurso do mapeamento participativo com a escola parceira. Elaboração própria.

Foram utilizados aplicativos, gratuitos e acessíveis, para trabalhar de forma mais próxima da realidade dos discentes, visto que, em seu cotidiano, os mesmos já lançam mão dos dispositivos, porém, não têm a clareza de suas propriedades cartográficas, para mapear e analisar o espaço geográfico em que vivem, de uma maneira concreta, atentando para as dinâmicas e as demandas do seu local. Pois, segundo Souza (2022, p. 162): "Atividades didáticas que se baseiam nas bacias hidrográficas trazem uma reflexão sobre o cotidiano do aluno e estruturam o conhecimento, a partir de suas vivências".

Por meio de uma sequência didática, com a utilização dos aplicativos no percurso do trabalho de campo e a construção de um mapa mudo, houve a possibilidade de esclarecimento dos termos e da estruturação dos conceitos, para que, mediante a análise, a partir da bacia hidrográfica, os alunos entendessem os fenômenos, que estão intrínsecos em suas vidas.

Os conceitos geográficos abrangentes são ferramentas fundamentais para a compreensão dos diversos espaços, para a localização e análise dos distintos lugares e de sua relação com a vida cotidiana (Souza, 2022, p. 166).

Tendo assim os alunos a oportunidade de aprender a utilizar os aplicativos (Figura 3) muito habituais, em suas rotinas, de forma científica, participativa e construtiva, influenciando positivamente em sua formação como cidadão, aprendendo a analisar e mapear os espaços geográficos, ficando assim, atentos para as evidências e os desastres naturais.

Por esse motivo, buscaram-se aplicativos que operam com o sistema de posicionamento global (GPS) para trabalhar a localização e o *Colab*, na análise espacial e com a colaboração. No presente trabalho, foi tomado como trajeto, o curso do rio Marimbondo, para que fossem mapeados pontos de atenção para os desastres ocorridos dentro da bacia, buscando enfatizar a importância da cartografia, como

uma metodologia, em que a linguagem de ensino é uma forma de comunicação e transformação social, pois, ao analisar o espaço geográfico, onde estão inseridos os discentes, podem entender as escalas e assim, conseguir fazer o diálogo entre o local e o global, se tornando protagonistas, como cidadãos conscientes e críticos, transformando esses espaços de vivência. Nesse contexto, Castellar (2011, p. 130) apresenta a seguinte consideração:

Para compreender as relações no lugar de vivência, é imprescindível que a criança desenvolva a capacidade de ler o mundo e o raciocínio geográfico, podendo, também, ler e elaborar mapas. (Castellar, 2011, p. 130)

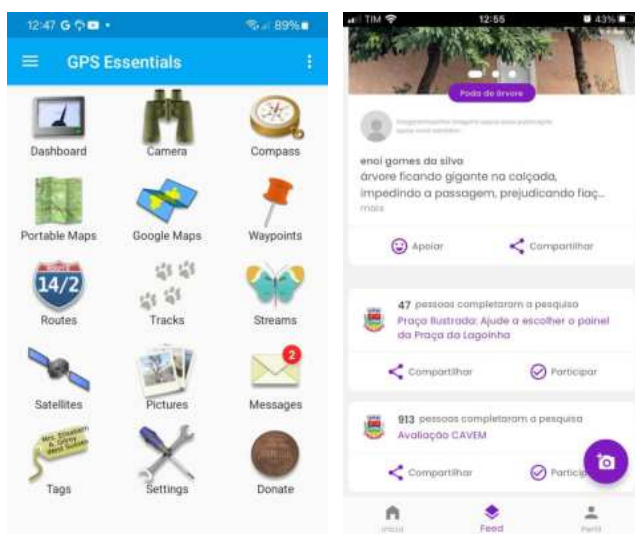


FIGURA 3 - Captura de tela dos aplicativos *Colab* (download disponível para IOS e Android) e *GPS Essentials* (download disponível para Android).

Descrevendo o percurso, os grupos, inicialmente, partiram do Colégio Estadual Capitão Oswaldo Ornellas, que está presente na bacia hidrográfica, em seguida, fizeram a parada no primeiro ponto, na Rua Maria Rita (Figura 4A), onde notaram a presença volumosa de vegetação (como as gigogas), que servia como um indicador biológico de poluição. Além disso, puderam observar a presença de algumas garças, que representam a fauna da região. Nesse ponto, os alunos também chamaram a atenção para a presença de entulho, como pedras e grandes blocos de concreto, na margem, o que é resultado da tentativa equivocada dos funcionários, responsáveis pela limpeza e manutenção do rio, de evitar o assoreamento do mesmo e, neste ponto, eles puderam fazer a denúncia sobre isso, fazendo o uso do aplicativo *Colab*. Vale destacar que, em cada ponto, os estudantes puderam marcar cada ponto de parada, com um alfinete, para registrar na maquete.

Em direção ao segundo ponto, foi possível observar, durante o caminho, a proximidade das casas com o leito, as marcas nos muros, de enchentes que acontecem recorrentemente na região, e o nível da água do rio quase no mesmo da rua. Já no ponto na Rua 19 de Novembro, foi registrada a presença de acúmulo de resíduos sólidos, densa vegetação e falta de saneamento básico da rede municipal, onde os dejetos domésticos eram lançados diretamente no canal hídrico. O que também chamou a atenção dos alunos, foi uma arte (Figura 4B) criada possivelmente pelos moradores, com os dizeres “Ambiente limpo não é o que mais se limpa, é o que menos se suja” traduzindo certo tipo de denúncia, de quem convive diariamente com a falta de manutenção de algo que deveria ser prioridade para as autoridades locais e fere continuamente os direitos da população.

**FIGURA 4 -**

A) Ponto 1:
Alunos em frente
ao rio Marimbondo
na rua Maria Rita
(foto de Ingrid Feitosa).
B) Ponto 2:
Arte na Rua 19
de Novembro
(foto de Isabela Silva).

No trajeto para o terceiro ponto, os grupos registraram diversas denúncias no aplicativo *Colab*, como despejo irregular de lixo em terreno, buracos em via pública e lixo acumulado nas calçadas. Então, no terceiro ponto na Rua Capitão João Manoel (Figura 5), presenciaram-se construções, adentrando o leito do rio e, nesse trecho, o rio segue retificado e tamponado, prejudicando o escoamento de águas pluviais, além de um grande acúmulo de lixo flutuante, como pneus de carros, sacolas cheias de lixo e eletrodomésticos.

**FIGURA 5 -**

Ponto 3: Rio Marimbondo
na rua Capitão João Manoel:
A) lixo flutuante no leito do rio
(foto de Isabela Silva);
B) construções no leito do rio
(foto de Ingrid Feitosa).

No quarto e último ponto (Figura 6), pode-se localizar onde ocorre o deságue do rio Marimbondo na Baía de Guanabara. Nesse ponto, os alunos puderam observar onde toda a água drenada da bacia hidrográfica encontra a foz do rio Marimbondo e como estavam as suas condições, como mau cheiro, excesso de lixo flutuante e água insalubre. Também foi possível observar a presença de peixes mortos e canoas pequenas de pesca, sinalizando que o rio ainda é navegável em algumas partes e também serve de sustento para a população local.

Em outro momento, foi elaborado um mapa mudo, coletado da base de dados, sem composição de representações da bacia, contendo somente o contorno da mesma. Nesse mapa, deixamos marcados um ponto, que representa a escola, onde foi nosso ponto de partida. Pedimos aos alunos que reproduzissem o trajeto, marcando os pontos de parada, seguindo o curso do rio e marcassem também a sua residência. Ao registrar esses pontos, os alunos formularam uma legenda.



FIGURA 6 - Ponto 4: Deságue do rio Marimbondo na Baía de Guanabara: A) BR-101 sobre a foz do rio Marimbondo; B) encontro do rio Marimbondo com a Baía de Guanabara (fotos de Renata Gonçalves).

RESULTADOS

Ao final do trabalho de campo, foram registrados os dados, levantados no percurso, que foi composto pela localização do aplicativo *GPS Essentials*, registro fotográfico e relatório escrito no *Colab*. Todas as informações foram levadas para sala de aula, na qual esclarecemos os termos relacionados aos desastres naturais e trabalhamos os conceitos geográficos, para que os alunos pudessem construir um mapa do percurso realizado. Assim como, resultados foram elaborados pelos estudantes, como os mapas mudos (Figura 7A) e um *StoryMap*, para que fosse possível obter um produto final, com as informações coletadas e analisadas pelos discentes.

A elaboração dos mapas mudos foi realizada em um encontro com a turma, posteriormente ao percurso da bacia hidrográfica do rio Marimbondo, na escola parceira, onde foi possível obter um resultado da percepção dos alunos sobre os termos e os dados apresentados em sala de aula e a prática, por meio do desenho do trajeto, dos pontos de parada, do rio Marimbondo e, além disso, a criação de uma legenda e um título para o mapa mudo, de forma interativa, mas individual. Sendo essa atividade pedagógica de suma importância, pois constatou-se que, tanto crianças quanto adultos, têm dificuldade em compreender conceitos espaciais, especialmente, em razão do nível cognitivo e a forma como a cartografia é ensinada nas escolas. Dessa forma, pode-se entender que o desenvolvimento da noção espacial começa antes da escolarização, mas que é durante a educação formal, que a compreensão espacial deve se consolidar (Almeida; Passini, 1989 *apud* Okada; Rosa; Souza, 2020).

Por fim, a elaboração do *StoryMap* teve como objetivo promover a integração de mapas interativos, recursos multimídias e a documentação de práticas e dinâmicas do campo proposto. Para a sua confecção, foram combinadas imagens de campo, legendas descritivas, mapas e outras imagens, geradas nessa experiência. Além disso, o uso desse recurso também permite uma maior facilidade de acesso e a compreensão de diferentes públicos, despertando o interesse pela cartografia e pelas geotecnologias. Abaixo, na Figura 7B, está disponibilizado o QR Code de acesso ao Story Map, mas também é possível acessá-lo pelo endereço:

<https://uploads.knightlab.com/storymapjs/2892db09bfcd5db2eff8d0527cecff42/percurso-do-trabalho-de-campo-pela-bacia-hidrografica-do-rio-marimbondo-sg/draft.html>

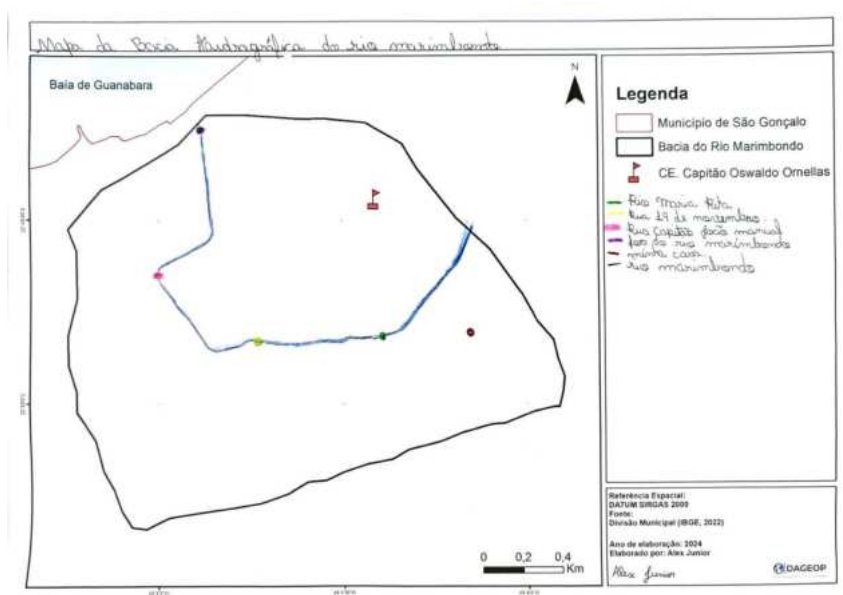


FIGURA 7 - A) um dos mapas mudos, produzido pelos estudantes; **B)** QR Code de acesso ao StoryMap.
Elaborado por Alex Júnior.

Ao final da elaboração do mapa mudo, foi solicitado aos alunos, que elaborassem sugestões para a preservação da bacia. Entre elas, podemos citar: Denunciar vazamentos, lixo e poluição, não despejar esgoto nos rios, economizar água, não construir casas nas margens dos rios, plantio de mudas nas ruas entre outros.

CONCLUSÕES

Ao longo desse texto, buscou-se valorizar a utilização das tecnologias, tão presentes na vida dos alunos, porém sem uma clareza espacial baseada na ciência, então, buscou-se, por meio da utilização do aplicativo, trabalhar os conceitos geográficos, a localização e o mapeamento participativo, para registrar as evidências e as demandas, dentro da bacia hidrográfica, e a ocorrência de desastres naturais e ambientais, promovidos pela má gestão dos recursos hídricos, falta de estruturação do saneamento básico, mal escoamento das águas pluviais, o assoreamento do rio Marimbondo, como também sua retificação e tamponamento. Após as sequências didáticas, os alunos tiveram a clareza da importância de conhecer os fenômenos e ter noção acerca da necessidade da boa gestão dos recursos naturais. Puderam, *in loco*, por meio do trabalho de campo, constatar os possíveis causadores dos desastres naturais, como também refletir, em conjunto, as possibilidades para mitigar esses danos, mediante as ações para melhor gestão da bacia hidrográfica do rio Marimbondo. O exercício realizado pelos alunos, em analisar, mapear e refletir sobre as práticas espaciais, realizadas pela população dentro da bacia, auxiliados pelas geotecnologias (aplicativos), contribuiu para a construção da cidadania e para o fortalecimento de seu protagonismo, ao se tornar agentes de melhoria do local vivido. Pois, o aplicativo *Colab* leva todos os registros a uma plataforma ligada a diversos setores de gestão pública do município. Tendo assim, as suas reivindicações registradas e solucionadas pelos setores responsáveis. Dessa forma, na prática, o exercício da cidadania e a construção de uma consciência ambiental se tornam mais significativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. **Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis n 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm
- CASTELLAR, S.M.V. **A cartografia e a construção do conhecimento em contexto escolar.** In: **ALMEIDA, Rosângela Doin. Novos rumos da cartografia escolar: currículo, linguagem e tecnologia.** São Paulo: Editora Contexto, 2011.
- GONÇALVES, A.C.G. **A alfabetização na idade certa e a educação ambiental como práticas de governo:** deslocamentos nas políticas públicas para os três primeiros anos do ensino fundamental. 2014. 162f. Tese (Doutorado em educação ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Rio Grande, RS, 2014.
- OKADA, A.; ROSA, L.Q. da; SOUZA, M.V. de. Escolarização aberta com mapas de investigação na educação em rede: apoiando a pesquisa e inovação responsáveis (RRI) e a diversão na aprendizagem. **Revista Exitus**, v. 10, 2020.
- PORTO-GONÇALVES, C.W. **A globalização da Natureza e a Natureza da Globalização.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.
- SOUZA, V.G. M. Sequência didática da bacia hidrográfica do Rio Macacu e a cidade de Cachoeiras de Macacu-RJ no ensino de Geografia. In: SACRAMENTO, A.C.R.; KEDE, M.L.F.M. **Teoria e prática dos componentes físico-naturais no ensino de geografia:** desafios na educação básica. cap. 8. Rio de Janeiro: Consequência Editora, 2022. p. 155-182.

CAPÍTULO 24

POTENCIALIDADES DAS PLATAFORMAS GOOGLE MARS E GOOGLE EARTH PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA

Júlia da Silva Rodrigues¹
Evelyn de Castro Porto Costa¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 21941-916. sjulia634@gmail.com; evelyncosta@igeo.ufrj.br.

RESUMO

Este trabalho visa apresentar o potencial das plataformas de sensoriamento remoto, *Google Earth* e o *Google Mars*, como recursos educacionais para o ensino de geografia. A metodologia adotada consiste em uma revisão da literatura sobre o uso dessas plataformas, para fins educacionais, seguida de uma análise de suas ferramentas e funcionalidades para possíveis aplicações em sala de aula, tendo como foco principal as opções disponíveis para observações do planeta Marte. Como resultados, foram apresentadas as diferenças entre as plataformas disponíveis, elencando as principais ferramentas existentes para observações espaciais do planeta Marte, bem como, um exemplo de atividade que faz uso dos dados das plataformas e pode ser implementada em aulas de geografia. Nesse sentido, os resultados obtidos fornecerão dados valiosos para educadores e gestores educacionais, interessados em integrar tecnologias de sensoriamento remoto, em seus currículos escolares, promovendo aprendizagem mais significativa para os alunos.

Palavras-chave: Google Mars; ensino de geografia; Google Earth; geotecnologias.

ABSTRACT

This work aims to explore the potential of remote sensing platforms, such as Google Earth and Google Mars, as educational resources in the school context. The methodology adopted consists of a review of the literature on the use of these platforms for educational purposes, followed by an analysis of their functionalities and possible applications in the classroom. The main objectives are to understand how these tools can contribute to the teaching of geography in addition to identifying challenges and opportunities associated with their implementation. The results obtained will provide valuable insights for educators and educational managers interested in integrating remote sensing technologies into their school curricula, promoting more engaging and meaningful learning for students.

Keywords: Google Mars; teaching geography; Google Earth; geotechnologies.

INTRODUÇÃO

Os atuais avanços tecnológicos têm proporcionado o surgimento de uma grande variedade de recursos e ferramentas digitais que podem ser utilizadas em âmbito educacional. Atrelado a isso, estudos demonstraram que a utilização de recursos online ajudou a melhorar a compreensão dos alunos sobre os principais conceitos e competências, ao mesmo tempo que os ajudou a ganhar confiança no seu conhecimento de questões geográficas (Solem e Gersmehl, 2005). Nesse contexto, as plataformas que fazem uso do sensoriamento remoto, como o *Google Earth* e o *Google Mars*, se destacam como ferramentas gratuitas, que oferecem acesso a imagens de satélite, modelos topográficos e informações geoespaciais detalhadas sobre os planetas Terra e Marte. Essas plataformas oferecem uma vasta gama de recursos, que podem ser explorados, para enriquecer o ensino de disciplinas, como a geografia, contribuindo assim, para o desenvolvimento de uma educação geográfica mais significativa.

Segundo o Comitê de Apoio ao Pensamento Espacial (Committee ..., 2006), o pensamento espacial é um amálgama de três conceitos: conceitos de espaço, ferramentas de representação e processos de raciocínio. Essas plataformas digitais oferecem uma maneira inovadora de explorar esses conceitos espaciais, científicos e ambientais, permitindo assim, que os alunos mergulhem em experiências imersivas de aprendizagem. Ao utilizar a tecnologia, os alunos podem expandir os seus conhecimentos e melhorar as suas capacidades de raciocínio e analíticas e podem aplicar a aprendizagem externa a situações apresentadas na sala de aula (Patterson, 2007).

No contexto educacional, plataformas como o *Google Earth* e *Google Mars*, são exemplos de ferramentas acessíveis que podem ser utilizadas para enriquecer o ensino de disciplinas como a geografia. Por oferecerem recursos visuais, as plataformas podem ser utilizadas para ilustrar conceitos geográficos abstratos, tornando o ensino mais concreto e atrativo para os alunos. Diante disso, a interatividade e a imersão proporcionada por essa tecnologia incentivam a curiosidade e o interesse dos alunos, aumentando a motivação para o aprendizado do conteúdo.

A possibilidade de explorar lugares distantes e exóticos, como Marte, desperta não só a imaginação dos alunos, mas também dá a possibilidade de o indivíduo adquirir uma nova perspectiva sobre um determinado conteúdo, ampliando seus conhecimentos. No entanto, o uso dessas plataformas requer o desenvolvimento de habilidades tecnológicas, como a navegação digital, a interpretação de mapas e a análise de dados. Patterson (2007) destaca e reconhece que, embora seja uma ferramenta *freeware*, o *Google Earth* requer acesso à Internet, com uma conexão razoavelmente rápida, e que a largura de banda insuficiente limitaria a utilidade do *Google Earth* na sala de aula, levando ao desinteresse dos alunos. Além disso, a navegação e a manipulação de dados no *Google Earth* e no *Google Mars*, por exemplo, exigem o domínio de ferramentas, por parte do professor, a fim de adaptá-las de acordo com os objetivos de aprendizagem e os interesses dos alunos.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo, identificar as características, funcionalidades e potencialidades das plataformas *Google Mars* e *Google Earth*, para o ensino de geociências. Essa investigação se justifica na relevância das geotecnologias para o mundo contemporâneo e para o ensino no século XXI. Ressalta-se que essas plataformas podem se tornar poderosas ferramentas pedagógicas, inovadoras e engajadas com o mundo contemporâneo dos estudantes.

METODOLOGIA

Este estudo se fundamenta em uma pesquisa exploratória, que visa investigar as plataformas gratuitas de sensoriamento remoto, apresentando suas interfaces e principais ferramentas para ensino de geociências. Dessa forma, foram caracterizados os recursos tecnológicos das plataformas *Google Earth* e *Google Mars*, apresentando seus potenciais para estudos sobre o planeta Marte, na área de geociências.

Primeiramente, foi realizada uma revisão da literatura sobre o uso dessas plataformas, para fins educacionais. Após isso, foram investigados os tipos de plataformas disponíveis para visualização do planeta Marte, inventariando assim, o *Google Earth* e o *Google Mars*, como as principais plataformas digitais gratuitas para este fim. Assim, foram pesquisadas as versões *Web* e *desktop* existentes dessas plataformas, compreendendo suas principais diferenças e limitações.

Além disso, foram exploradas as diferentes ferramentas e funcionalidades dessas plataformas, tendo por objetivo, explorar o estudo do planeta Marte e os recursos existentes para esta finalidade. Dessa forma, foram elencadas ferramentas usadas para a análise do planeta Marte, destacando as principais funcionalidades dessas plataformas para investigações acerca deste planeta. Por fim, foi apresentado um exemplo de uso das imagens de satélite, disponíveis nas plataformas, para propor uma atividade, que pode ser realizada em aulas de geografia e geociências. As imagens elencadas comparam feições geomorfológicas de dois planetas diferentes, Marte e Terra, com o objetivo de identificar similaridades planetárias.

RESULTADOS

Como resultados, destaca-se a disponibilidade das duas versões do *Google Earth*: a versão *Web* (acessada por meio do navegador *Web*) e a versão *Pro* (para *desktop*), sendo esta a versão com mais funcionalidades, quando comparada com a primeira. O domínio de conhecimento dessas plataformas é que irá viabilizar o uso dessas interfaces em sala de aula, bem como o acesso. As principais características e diferenças entre essas duas versões são:

- **Google Earth:** É a versão básica da plataforma, disponível gratuitamente, para o uso na *Web* e em dispositivos móveis, como celulares e *tablets*. Ele oferece recursos como visualização global em 3D e imagens de satélite em alta resolução. Os usuários têm a possibilidade de sobrepor camadas de informações, como fronteiras e pontos de interesse (Figura 1a);
- **Google Earth Pro:** É uma versão mais avançada da plataforma, destinada a usuários profissionais e empresas que necessitam de recursos adicionais para análise geoespacial. Ela oferece todas as funções que o *Google Earth* básico possui, no entanto, os recursos extras (como medir áreas e distâncias, com maior precisão) são funcionalidades atrativas para novos usuários da plataforma. A possibilidade de importar e exportar dados em sistemas de informação geográfica (SIG) e gravar vídeos virtuais são funcionalidades que se mostram úteis na atualidade (Figura 1b).



FIGURA 1 - Interfaces: a) *Google Earth* e b) *Google Earth Pro*.
Captura diretamente do software.

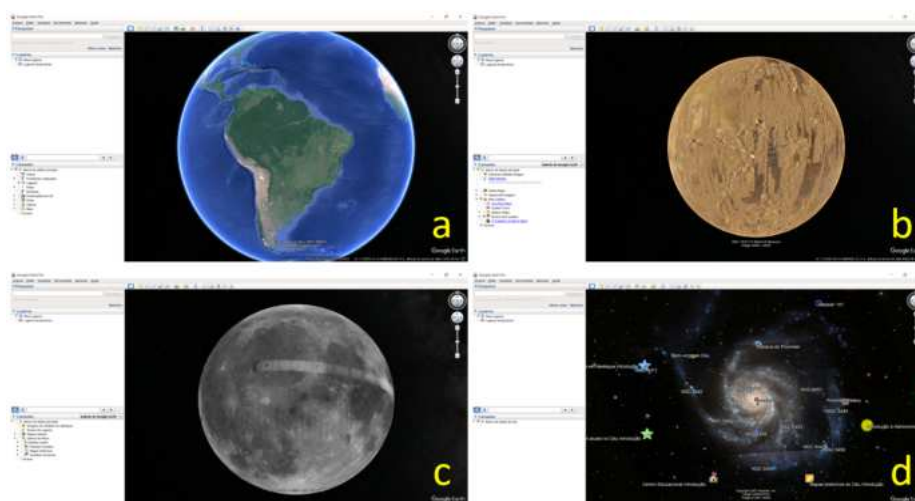


FIGURA 2 -
Visualizações no *Google Earth Pro*:
a) Terra;
b) Marte;
c) Lua e
d) céu.

É válido destacar que no *Google Earth Pro*, é possível acessar a visualização de Marte, selecionando a ferramenta *Planetas* no menu superior

e escolhendo *Marte*, na lista de opções. Isso abrirá uma visualização do planeta, na qual é possível explorar a superfície do astro, tal qual é possível realizar com a Terra. No geral, a ferramenta, na sua versão Pro, se apresenta como mais uma oportunidade de extração de dados geoespaciais do nosso planeta vizinho. Ressalta-se que, além dos planetas Terra (Figura 2a) e Marte (Figura 2b), também está disponível a visualização de imagens da Lua (Figura 2c) e céu (Figura 2d).

Para analisar e explorar o planeta Marte na plataforma do *Google Earth Pro*, é possível fazer o uso de ferramentas, como a de criação de feições, na qual nos possibilita traçar linhas, pontos e polígonos, a fim de destacar diferentes características de Marte, permitindo assim, uma análise mais detalhada do planeta vermelho. A funcionalidade da *régua* (Figura 3a), disponível na plataforma, pode ser usada para medir distâncias e tamanhos de feições em Marte, buscando estabelecer análises comparativas e estudos de escalas, sendo esta, uma ferramenta útil, para quantificação de características geológicas.

A plataforma também disponibiliza, em inglês, um *tour* guiado pelo planeta. Abordando os principais aspectos, características e curiosidades, o *tour* se mostra relevante, diante da interatividade que a plataforma estabelece com o usuário. A apresentação de uma cartografia histórica de Marte (Figura 3b), por meio de uma sobreposição de camadas, se mostra um recurso didático de fácil compreensão e aplicabilidade em sala de aula. Com a disponibilidade de mapas históricos de Marte, dentro dessa plataforma gratuita, a possibilidade de expansão da cartografia escolar, para além dos materiais já abordados sobre a Terra, nos possibilita expandir a área para novos debates e reflexões, se iniciando no ambiente escolar.

A ferramenta *Global Maps* (Figura 3c) possibilita a projeção de imagens capturadas por sensoriamento remoto obtidas por missões espaciais antigas ao planeta. É feita a projeção de imagens, no formato de mosaico, no espectro visível, de infravermelho e de elevação. Além de agregar dados de informações sobre as naves espaciais, que já pousaram no planeta, fornecendo informações sobre o detector e dos pixels do equipamento, acessando a ferramenta *Spacecraft Imagery* (Figura 3d).

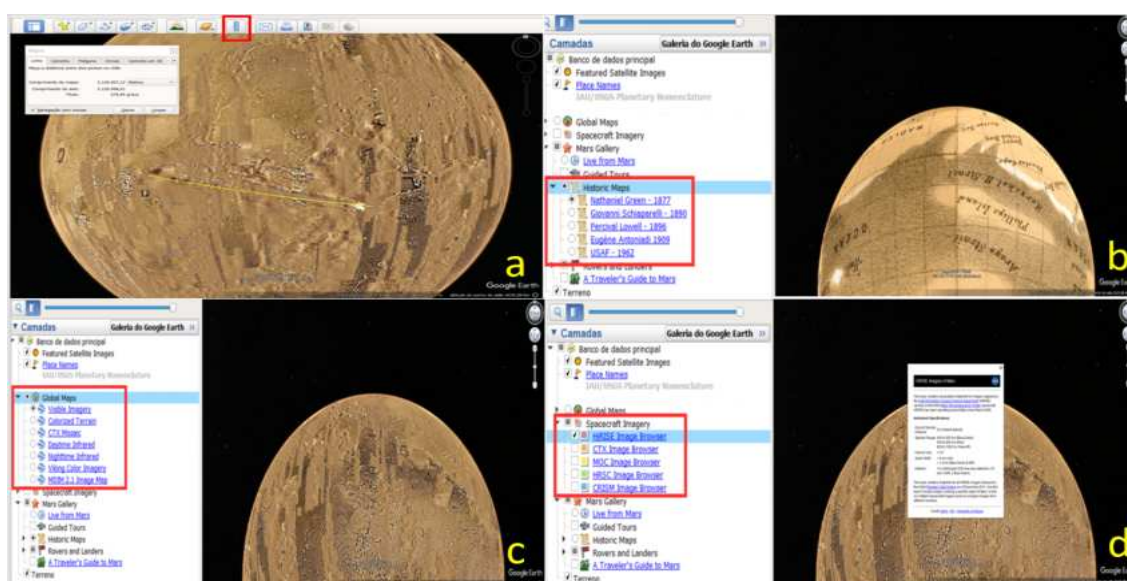


FIGURA 3 - Ferramentas do *Google Earth Pro* para o planeta Marte. Captura diretamente do software.

O *Google Earth* é uma ferramenta particularmente útil para ajudar a apresentar aos alunos os cinco temas da geografia: localização, lugar, relações com o lugar, movimento e regiões (Association ..., 1984). A utilização de elementos afetivos, para comunicar e motivar, ajuda a tornar o *Google Earth* uma poderosa ferramenta de ensino em sala de aula para desenvolver o conhecimento dessas áreas. Porém, as imagens de satélite ainda não são suficientemente utilizadas nos diferentes níveis de ensino (fundamental, médio e superior) (Florenzano, 2011). Esse cenário se apresenta na contramão dos parâmetros curriculares nacionais de ensino (PCNs), que estimulam a importância da implementação do uso de novas tecnologias no ambiente educacional. O sensoriamento remoto se enquadraria nesse cenário, principalmente, na geografia.

Diferentemente das plataformas abordadas até aqui, a plataforma do *Google Mars*, que é uma ferramenta *Web*, possibilita observar o planeta Marte de forma plana (2D) e não, tridimensional (3D). Nessa interface, podemos obter uma nova ferramenta de observação planetária, distinta das demais, no qual podemos observar, com grande detalhamento, o perfil de elevação que a superfície de Marte apresenta. Essa funcionalidade nos permite explorar características geográficas de Marte, como crateras, vulcões, vales e planícies, ou a disponibilização das informações sobre missões espaciais.

Com a melhora gradual dos sistemas sensores, os dados coletados pelas sondas podem produzir imagens com riqueza de detalhes, que facilitam a identificação de alvos presentes nessas imagens (Pedrosa, 2011). Por consequência, esse nível de detalhamento é encontrado nas imagens visualizadas na plataforma. A possibilidade de sobreposição de camadas informativas, como modelo de elevação, imagens visíveis e imagens no espectro do infravermelho contribuem para a diversidade de análise possíveis, disponíveis na plataforma, como por exemplos:

- **Modelo de elevação:** Fornece uma representação tridimensional da superfície de Marte. Ela mostra variações de altitude e topografia do terreno. É essa funcionalidade que nos permite visualizar montanhas, crateras, vales e outras características geográficas, com mais detalhamento tridimensional, possibilitando assim, uma compreensão mais completa da paisagem marciana (Figura 4a);
- **Imagens Visíveis:** Oferecem uma representação visual da superfície de Marte, na faixa de luz visível do espectro eletromagnético. Essas imagens mostram a aparência real das paisagens marcianas, incluindo cores e texturas, e são úteis para identificar características geológicas, como rochas, areia e solo (Figura 4b);
- **Imagens infravermelho:** Essa ferramenta irá mostrar características da superfície de Marte na faixa de comprimento de onda do infravermelho do espectro eletromagnético. Essas imagens podem revelar informações adicionais, sobre composição mineralógica, temperatura e condições atmosféricas de Marte (Figura 4c);
- **Localização de elementos em Marte:** Essa funcionalidade permite a visualização de diferentes elementos mapeados em Marte, sendo eles classificados quanto a sua características, estando divididos em: Regiões, Montanhas, Planícies, Nave espacial, Cânions, Cumes, Histórias, Dunas e Crateras (Figura 4d).

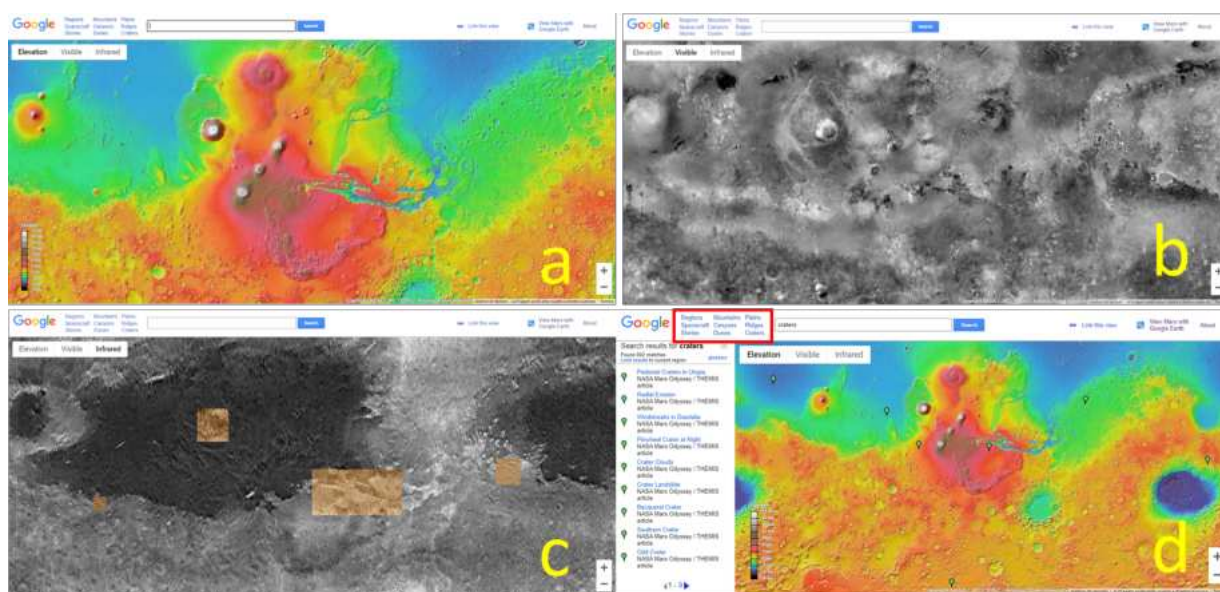


FIGURA 4 - Interface da plataforma do *Google Mars* e suas funcionalidades.
Captura diretamente do software.

A análise planetária, realizada dentro dessas plataformas, possibilita ao aluno compreender tanto a Terra quanto Marte, como um sistema de exploração geográfica complexa, composto por elementos interconectados, como atmosfera, hidrosfera e litosfera. Nessa perspectiva, tem-se a possibilidade de realizar uma comparação entre os dois planetas, tornando Marte mais próximo da realidade do aluno. Essa possibilidade de reflexão, entre as semelhanças e diferenças planetárias, se mostra como uma oportunidade única, diante dos demais planetas do nosso Sistema Solar. A exemplo desse cenário, a investigação das condições climáticas em Marte, as tempestades de poeira e as variações sazonais, nos permitem comparar, em escala e em magnitude, esses fenômenos e compará-los com os mesmos fenômenos terrestres.

Todos os planetas do nosso sistema solar tiveram origem numa nebulosa de onde também se terá formado a estrela do nosso sistema solar, o Sol (Hipólito *et al.*, 2011). Isso resulta no planeta Marte, com uma gênese planetária muito próxima da Terra, ambos são, por exemplo, planetas rochosos, possuem calotas polares e diferentes estações climáticas. Diante disso, ele apresenta a possibilidade de realização de uma Planetologia comparada com a Terra, que é definida como um ramo das ciências geológicas, que busca elucidar condições e processos, que ocorreram em determinados períodos da história da Terra, por meio das observações dos planetas e satélites, que são nossos vizinhos (Cordani, 2008). Diante dessa perspectiva, temos a possibilidade de realizar uma comparação, entre ambos os planetas, devido às suas similaridades nos aspectos geológicos e estruturais.

Segundo a NASA (s.d.), o maior Canyon do Sistema Solar consegue cortar uma ampla faixa de Marte. O grande vale, chamado de Valles Marineris, se estende por mais de 3.000 quilômetros de comprimento, abrangendo até 600 quilômetros de diâmetro e atinge 8 quilômetros de profundidade. Em comparação, na Terra, o Grand Canyon (no Arizona, EUA), tem 800 quilômetros de comprimento e 30 quilômetros de largura.

Ambas as características podem fornecer *insights* sobre a atividade tectônica, nos respectivos planetas. Enquanto o Valles Marineris é frequentemente associado à atividade tectônica em Marte, o Grand Canyon também foi influenciado por movimentos tectônicos, incluindo a elevação da região e a formação de falhas geológicas. Diante disso, os alunos podem explorar as semelhanças e diferenças entre as características geológicas dos dois planetas e discutir como esses processos podem levar à formação de paisagens específicas, devido às diferentes condições geológicas que o planeta apresenta (Figura 5).

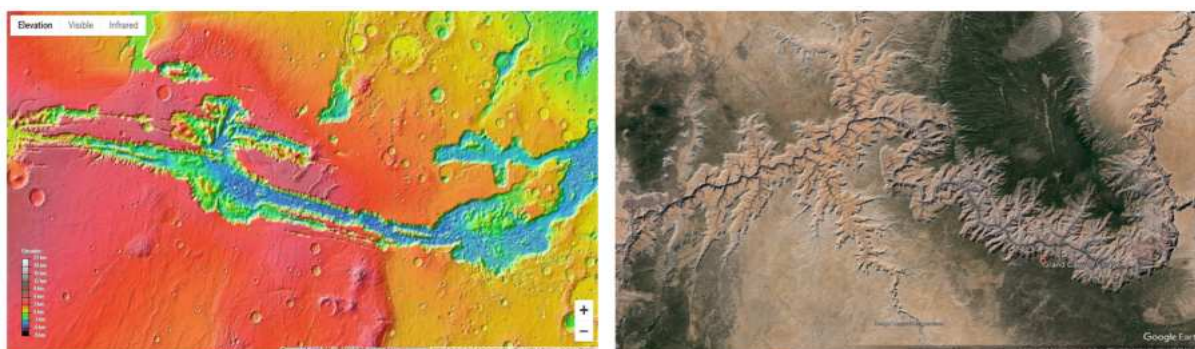


FIGURA 5 - Valles Marineris no Google Mars (esq.) e Grand Canyon no Google Earth Pro (dir.).
Captura diretamente do software.

CONCLUSÕES

As plataformas *Google Earth* e o *Google Mars*, oferecem potencialidades significativas para o ensino e aprendizagem sobre os planetas, especialmente Marte. Ao viabilizar o estudo detalhado das superfícies planetárias, essas ferramentas tornam Marte mais acessível e tangível para os alunos, permitindo uma exploração virtual de feições geológicas e geográficas remotas. Isso proporciona uma oportunidade única para compreender lugares distantes e processos naturais, enriquecendo o aprendizado em geografia e ciências da Terra. Diante dessa perspectiva, a dificuldade de acesso aos dados de sensores remotos não serve mais como justificativa para a sua não utilização pelo professor em sala de aula (Florenzano, 2011).

No entanto, é importante reconhecer os desafios associados ao uso dessas plataformas no ambiente educacional. Nem todas as escolas possuem recursos computacionais adequados, e o acesso à Internet pode ser uma limitação para alguns alunos e instituições. Além disso, é necessário que os professores e alunos conheçam as ferramentas disponíveis e saibam como utilizá-las, de maneira pedagogicamente eficaz. Apesar dos desafios, a importância das plataformas de sensoriamento remoto e das geotecnologias para o ensino é inegável. Elas oferecem uma oportunidade única para explorar e compreender o mundo ao nosso redor de uma maneira interativa e envolvente. Ao conseguir integrar essas ferramentas ao currículo escolar, os educadores podem promover uma aprendizagem significativa e estimular o desenvolvimento de habilidades críticas, analíticas e tecnológicas nos alunos, preparando-os para os desafios e oportunidades do século XXI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF AMERICAN GEOGRAPHERS. **Guidelines for Geographic Education: Elementary and Secondary Schools**. Washington, D.C.: National Council for Geographic Education, 1984.
- COMMITTEE ON THE SUPPORT FOR THINKING SPATIALLY. **Learning To Think Spatially: GIS as a Support System in the K–12 Curriculum**. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2006.
- CORDANI, U.G. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.
- FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- HIPÓLITO, A.S.; MARTINS, D.F.; PIMENTEL, J.P. **Em busca de Vida para além da Terra**. mar. 2011. 15p.
- NASA (National Spatial Agency). Valles Marineris: **The Grand Canyon of Mars**. [S.l.], [s.d.].
<https://www.nasa.gov/image-article/valles-marineris-grand-canyon-of-mars/>
- PATTERSON, T.C. Google Earth as a (Not Just) Geography Education Tool, **Journal of Geography**, v. 106, n. 4, p. 145-152, 2007.
- PEDROSA, M.M. **Deteção de crateras de impacto em imagens digitais**. Estudo de caso: superfície de Marte. 2011. 99f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, São Paulo, 2011.
- SOLEM, M. GERSMEHL, P. Online Global Geography Modules Enhance Undergraduate Learning. **AAG Newsletter**, v. 40, n. 8, p. 11, 2005.

CAPÍTULO 25

REGIONALIZAÇÃO DA PAISAGEM DE KING'S LANDING: UMA LEITURA GEOGRÁFICA A PARTIR DO MAPA DE WESTEROS

Débora Andressa Rodrigues Ferreira Lima¹
Vinicius da Silva Seabra¹

1. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP).
Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005.
deboraarflima@gmail.com; vinigeobr@gmail.com.

RESUMO

A geografia tem como objetivo explicar a distribuição espacial dos objetos e fenômenos da superfície terrestre, assim, ao aprender geografia, o indivíduo tem a capacidade de compreender as relações e conexões que ocorrem naquele recorte do espaço. Logo, a cartografia se coloca como uma ciência fundamental para o pensar e fazer geográfico, pois na maioria das vezes a leitura do espaço se dá através das representações espaciais. Para ensinar geografia, é preciso passar pelo desenvolvimento do pensamento espacial, compreendido pelas representações do real ou do lúdico, que é onde a cartografia lúdica se insere, sendo uma cartografia voltada para representação do mundo imaginário. Neste trabalho, temos como objetivo discutir a regionalização geográfica de *King's Landing*, a partir do *Mapa de Westeros*, continente fictício presente no livro *A Song of Ice and Fire*, que inspirou a série de TV *Game of Thrones*. Para a realização da regionalização, iremos apresentar um mapa temático do espaço fictício e uma descrição das regiões que o compõem, para que os resultados iniciais possam fomentar discussões que serão abordadas nas próximas etapas da pesquisa.

Palavras-chave: cartografia lúdica, *As crônicas de gelo e fogo*, espaço, paisagem.

ABSTRACT

Geography aims to explain the spatial distribution of objects and phenomena on the earth's surface, thus, when learning geography, the individual has the ability to understand the relationships and connections that occur in that section of space. Therefore, cartography stands as a fundamental science for geographic thinking and practice, as most of the time the reading of space takes place through spatial representations. To teach geography, it is necessary to go through the development of spatial thinking, understood by representations of the real or the playful, which is where Ludic Cartography comes in, being a cartography focused on representing the imaginary world. In this work, we aim to discuss the geographic regionalization of King's Landing, based on the map of Westeros, a fictional continent present in the book "A song of Ice and Fire" that inspired the TV series "Game of Thrones". To carry out the regionalization, we will present a thematic map of the fictional space, and a description of the regions that comprise it, so that the initial results can encourage discussions that will be addressed in the next stages of the research.

Keywords: playful cartography, *A Song of Ice and Fire*, space, landscape.

INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos da geografia, é o de explicar a razão, por trás da distribuição espacial de objetos e fenômenos na superfície terrestre. Portanto, analisar geograficamente um recorte espacial significa compreender as dependências espaciais entre objetos, o padrão de distribuição de fenômenos, a interdependência temática entre processos e objetos, as relações topológicas e as trocas de energia e matéria entre diferentes espaços. Essas possibilidades de análise se unem a outras inúmeras relações, existentes e passíveis de investigação, criando uma considerável multiplicidade de investigações possíveis para o campo geográfico.

Desta maneira, aprender geografia significa também ser capaz de compreender as relações e conexões, que ocorrem nos diferentes recortes espaciais, além de escolher as melhores opções de análise, capazes de lançar luzes sobre o comportamento dos fenômenos e objetos que se distribuem no espaço estudado. Espaço este, que segundo Lefebvre (2008), tem uma relação direta com a sua vivência e as práticas sociais, e que, segundo o autor, está “essencialmente vinculado com a reprodução das relações de produção”.

Se uma das tarefas da geografia é entender a organização do espaço geográfico, a cartografia se coloca como uma ciência de fundamental importância para o pensar e fazer geográficos. Isto, porque, na grande maioria das situações, só podemos ler o espaço geográfico que estamos analisando, por meio das representações espaciais. Por outro lado, a ciência cartográfica ocupa-se em encontrar a melhor maneira possível para representar graficamente este mesmo espaço. Os mapas, as cartas, as plantas, os croquis, as maquetes, as fotografias aéreas, as imagens de satélite e outras representações da superfície terrestre são objetos de estudo da Cartografia, que fornece um conjunto de ferramentas que são de fundamental importância para os geógrafos.

Ao ler um mapa, devemos compreender os espaços cartografados, ao mesmo tempo, em que devemos ser capazes de observar uma determinada porção da superfície terrestre e a representarmos graficamente. Por isso, antes de tentarmos explicar a função de uma estrada em um determinado lugar, devemos nos debruçar sobre um mapa e observar quais são os espaços interligados por ela.

Sendo assim, podemos afirmar que as tarefas de ensinar e aprender geografia passam pelo processo de compreender as relações existentes entre objetos e fenômenos distribuídos no espaço geográfico, a partir da leitura das representações cartográficas, assim como, aprender cartografia exige o conhecimento do comportamento dos objetos e fenômenos, que estão sendo graficamente representados. Ou seja, aprender e ensinar geografia e cartografia passa pelo desenvolvimento do pensamento espacial, que, segundo Barci (2021), está ligado ao processo da cognição humana, que é a obtenção do conhecimento, que ocorre por meio do raciocínio, da percepção, da memória, entre outros. A autora explica que o termo geoespacial está relacionado ao pensamento espacial vinculado à linguagem cartográfica, às circunstâncias que abarcam representações espaciais e conteúdos geográficos que considera, pois, entende-se que o pensar espacialmente e ter a compreensão da linguagem cartográfica são instrumentos fundamentais para o pensar geograficamente.

Se o aprendizado de Geografia passa pelo desenvolvimento do pensamento espacial, podemos dizer que, pelo menos em parte, podemos ensinar crianças e adultos a lerem e compreenderem as representações cartográficas e a estabelecerem análises espaciais, não somente através do espaço (mundo) real, mas também através do lúdico e do espaço mítico (Tuan, 1983).

Neste sentido, este trabalho é parte de um projeto que discute a cartografia lúdica, a cartografia fantástica e outras linhas da cartografia temática, voltadas para as representações no mundo ficcional, literário ou imaginário. Nunes (2016, p. 64), por exemplo, aponta a cartografia fantástica como as representações do “mundo não mundano”, que “emergem da literatura/dramaturgia, tornam-se passíveis de serem representados espacialmente a partir da capacidade de discurso do narrador e da narrativa que se estabelece ao longo da trama apresentada”.

Diante disto, o projeto pelo qual se estrutura este trabalho tem o propósito de buscar reflexões sobre as seguintes questões: as crianças e adolescentes estão imersos no mundo fantástico, especialmente aquelas que lidam com mapas e outras representações espaciais, lendo histórias em quadrinhos, participando de jogos com mapas, assistindo animações, séries e filmes com mapas, estão desenvolvendo prematuramente, ou mais eficientemente, a inteligência espacial, o pensamento espacial e/ou a habilidade de ler e interpretar representações espaciais? A seletividade de acesso a estes recursos amplia as diferenças de aprendizado entre crianças em diferentes classes sociais?

Neste trabalho, especificamente, temos o objetivo de discutir a regionalização geográfica de *King's Landing*, descrita a partir do *Mapa de Westeros* e de narrativas presentes no livro, que deu origem a série de TV *Game of Thrones*. Para tal, apresentaremos um mapa temático deste espaço ficcional e a

descrição das regiões que o compõem, para que estes resultados iniciais possam fomentar as demais discussões que serão feitas nas próximas etapas desta pesquisa (que se encontra em fase inicial).

Além da possibilidade de se trabalhar a geografia e o pensamento espacial, a partir do mundo fantástico, também é necessário levarmos em consideração que a escola precisa valorizar estratégias de ensino, que estejam mais sintonizadas com a nova realidade dos alunos, que agora, estão muito familiarizados com os recursos tecnológicos, disponíveis nas mais diversas plataformas digitais, o que inclui jogos e séries de TV. Além disso, como apontado por Castellar (2011), para o processo de ensino e aprendizagem, as atividades em sala de aula devem levar em consideração o conhecimento prévio de aluno e a diversidade cultural que o caracteriza. Nesse contexto, devemos valorizar as ações educativas que considerem as experiências dos alunos e que articulem a teoria com a prática, potencializando assim as atividades didáticas.

METODOLOGIA

As geotecnologias permitem a visualização do espaço de forma multitemática, multitemporal e multiescalar, pois torna possível a visualização dos mais diferentes temas e imagens, nas mais diferentes escalas e temporalidades (imagens atuais e antigas), num mesmo conjunto, organizados em camadas de informação, possibilitando discussões interdisciplinares, tendo em vista, a diversidade de temas que podem ser trabalhados, a partir do uso de ferramentas geotecnológicas. Esta possibilidade abre espaço para uma discussão mais sistêmica e complexa de mundo, oferecendo ao professor, mais oportunidades para discussão de problemas e de forma articulada.

Richter, Seabra e Souza (2012) destacam que a busca por novos métodos e instrumentos pedagógicos tem sido um desafio constante na vida dos professores, que procuram dinamizar os processos de ensino por meio do resgate do interesse dos alunos. Neste sentido, os autores destacam que o uso dessas ferramentas tecnológicas (audiovisuais ou não) tendem a ampliar as possibilidades de exploração e compreensão dos conteúdos e ainda, ressignificar os processos de aprendizagem dos discentes, além de despertar a sensibilidade para o conhecimento visual.

Neste trabalho, o *Mapa de Westeros* foi vetorizado no sistema de informação geográfica ArcGIS v.10.1, usando como referência espacial, para definição de suas dimensões e localização, o mapa do Reino Unido (Figura 1). Esta etapa permitiu a construção de representações e análises numa base digital referenciada espacialmente dentro de uma lógica semelhante à do mundo real. A escolha do mapa do Reino Unido como referência espacial se deu em virtude das semelhanças existentes entre os dois recortes espaciais, tendo sido a escolha pessoal dos autores deste trabalho, ou seja, não se baseia em evidências de que o autor da série tomou como base o Reino Unido para representação cartográfica deste mundo ficcional.

George Raymond Richard Martin (conhecido como George R. R. Martin ou GRRM) é um escritor e roteirista de ficção, terror e fantasia. Nascido em Bayonne (Nova Jersey, EUA), ficou mundialmente famoso, ao escrever a série de livros de fantasia *A Song of Ice and Fire*, conhecida no Brasil, como *As Crônicas de Gelo e Fogo*. Sua série de livros foi adaptada para a televisão, dando origem à série de TV, *Game of Thrones*.

Game of Thrones é uma série de televisão norte-americana, idealizada por David Benioff e D.B Weiss, produzida e distribuída pela emissora de televisão norte-americana HBO, baseada nos livros *A Song of Ice and Fire*, do autor George R. R. Martin. Foi exibida no período de 17 de abril de 2011 a 19 de maio de 2019. A série retrata o jogo político do mundo de *Westeros*, onde as regiões são governadas pelas sete grandes casas nobres, que respondem a um rei ocupante do Trono de Ferro. Esse trono é desejado por diversas casas, que lutam para ocupá-lo.

Westeros é o nome do continente fictício dos livros *As crônicas de Gelo e Fogo*. Esse Continente é dividido em sete reinos: o Norte, as Ilhas de Ferro, o Vale, a Campina, as Terras Ocidentais, as Terras da Tempestade e Dorne. Cada um destes reinos é governado por um lorde, de uma das casas nobres, onde todas são subordinadas ao rei ocupante do Trono de Ferro, criado pelo rei Aegon Targaryen, durante a conquista dos sete reinos. O continente de *Westeros* possui diversas paisagens e recursos físicos e minerais.

A partir daí, uma série de interpretações feitas a partir de narrativas encontradas no livro estão sendo incorporadas e utilizadas para a compreensão da regionalização geográfica de *Westeros*, que foi feita implicitamente pelo autor da obra. Estas interpretações se colocam como os principais resultados deste trabalho e serão descritas nas seções a seguir.



FIGURA 1 -
Semelhanças entre as superfícies de *Westeros* (esq.) e do Reino Unido (ArcGIS) (dir.). Nota: nesta figura, o território de *Westeros* foi espelhado, a fim de mostrar melhor as semelhanças entre as duas superfícies.

RESULTADOS

Como apresentado anteriormente, este trabalho tem, como resultado, o mapa temático de *King's Landing* (Figura 2) e a descrição das regiões que o compõem, a partir das casas de *Game of Thrones*, como pode ser observado no que apresenta-se a seguir.

O Reino do Norte é o maior reino de *Westeros*, possuindo quase o tamanho dos outros seis reinos juntos e é dividido por uma muralha feita de gelo, que separa os selvagens, da região governada pela Casa Stark. É uma área popularmente chamada de *Terra Para Lá da Muralha*, é uma região que possui duas divisões: As terras de Sempre Inverno, que fica mais ao norte da muralha, que é uma região de clima polar, constantemente congelada. E a outra parte, que fica mais ao sul da região e possui o bioma da taiga, com uma vasta floresta de coníferas e um único rio que passa pela região. Possui cavernas com águas termais, aquecidas pela atividade vulcânica no local.

Já a região governada pela Casa Stark, possui o clima de taiga, com uma floresta de coníferas. Possui uma geomorfologia de montanhas e colinas. Além de ser banhado pelo Mar Poente e o Estreito, onde se encontram diversas ilhas, que pertencem ao Norte. Ao sul do Reino, perto da divisa com as Terras Ocidentais e o Vale, se encontra o Gargalo, uma área pantanosa, de difícil acesso, usada como ponto estratégico do Reino do Norte.



FIGURA 2 - Mapa de King's Landing. Elaboração própria.

O Reino das Ilhas de Ferro é constituído de oito ilhas espalhadas no Mar Poente, governadas pela Casa Greyjoy. As ilhas são chamadas de Pyke, Grande Wyk, Velha Wyk, Harlaw, Salésia, Pretamare, Montrasgo e a mais distante, Luz Solitária. São ilhas rochosas, com um solo muito raso e infértil, o mar que as cerca é tempestuoso e pedregoso, o que dificulta a construção de portos seguros. O único minério presente na região é o ferro.

O Reino do Vale é governado pela Casa Arryn, fica localizado na costa oriental de Westeros, banhado pelo Mar Estreito. É uma região de terras pretas, com largos rios, que fluem lentamente e deságuam nos lagos do Reino. Possui uma geomorfologia de cadeia de montanhas que cercam todo o Reino. Sua população vive da agricultura espalhada pela região e pela pecuária das cabras da montanha. O Reino das Terras Ocidentais é governado pelas Casas Lannister e Tully, que governam regiões que, apesar de serem do mesmo Reino, possuem características distintas. É o Reino mais rico, além de ser muito fértil. A região governada pela Casa Tully é popularmente conhecida como Terras Fluviais, pois é uma área com diversos rios. Sua geomorfologia é de planície, com poucas colinas na fronteira com o Vale. Já a região governada pela Casa Lannister é conhecida como Rochedo, pela sua geomorfologia de Colinas e Montanhas, é uma região rica em minérios, como ouro, ferro e pedras preciosas.

O Reino da Campina é governado pela Casa Tyrell e é a região mais fértil de Westeros. É o segundo maior reino de Westeros. É uma região que possui bastante agricultura, porém, possui algumas minas de ouro e pedras preciosas. Sua geomorfologia é de planície e seu bioma é o campo. Possui diversos rios que cortam a região, e sua vegetação é vasta e diversificada, principalmente, pelas flores, símbolo da região. É uma região banhada pelo Mar poente.

As Terras da Coroa não são necessariamente um dos sete reinos, assim sendo, é a capital de Westeros, onde fica localizada a cidade de *King's Landing* (Porto Real), moradia do Rei dos sete reinos. É uma região de clima temperado, com uma geomorfologia de planície. É banhada pelo Mar estreito e seus rios deságuam na Baía da Água Negra, um estuário de grande importância política, estratégica e comercial da região.

O Reino das Terras da Tempestade é governado pela Casa Baratheon. É uma região banhada pelo Mar Estreito, sendo uma região de fortes tempestades que afligem a costa. Possui uma geomorfologia de montanhas e costas pedregosas. Sua floresta é de clima temperado.

O Reino de Dorne é governado pela Casa Martel, é o reino mais ao sul de Westeros. É uma região de clima árido e seco, com areia vermelha e branca, e sua geomorfologia é de montanha e rochedos e falésias. Há poucos rios que cruzam a região, assim, a água é o recurso mais importante. É uma região banhada pelos mares Poente, Estreito e o de Verão.

CONCLUSÕES

A geografia explica a razão por trás da distribuição espacial e fenômenos na superfície terrestre. Ao aprender geografia somos capazes de compreender o espaço e suas relações, tanto do espaço em que vivemos, como dos demais. E a cartografia é a ciência que nos auxilia no pensar e fazer geográfico, pois é ao analisar representações espaciais que fazemos esse exercício. A cartografia lúdica torna possível a representação do mundo fictício de livros, jogos e quadrinhos, tornando possível ensinar e compreender o espaço de suas relações, por meio da imersão no mundo fictício.

Assim, esse trabalho tem como propósito buscar reflexões sobre o quanto as crianças e adolescentes estão imersos no mundo fantástico, especialmente, os que possuem mapas e outras representações espaciais e se estão desenvolvendo inteligência espacial. Este trabalho busca discutir a regionalização geográfica de *King's Landing*, a partir do *Mapa de Westeros*, e descrição das regiões, que possuem características diferentes das outras, tendo sido trabalhados a geografia e o pensamento geoespacial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCI, A.C. **Pensamento (geo)espacial**: um estudo de caso do 1º período do curso de licenciatura em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, *campus* São Gonçalo. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores, São Gonçalo, 2021.
- CASTELLAR, S.V. A Cartografia e a construção do conhecimento em contexto escolar. In: ALMEIDA, R.D. (org.). **Novos Rumos da Cartografia Escolar**: currículo, linguagem e tecnologia. São Paulo: Contexto, 2011.
- LEFEBVRE, H. **Espaço e Política**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.
- MARTIN, G.R.R. **O mundo de gelo e fogo: a história não contada de Westeros e As Crônicas de Gelo e Fogo**. Márcia Blasques (trad.). 2. ed. Rio de Janeiro: LeYa, 2017.
- NUNES, R.S. Por uma Cartografia Fantástica: as representações do “não mundano”. **GeoPUC**: Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio. Rio de Janeiro, v. 9, n. 16, p. 64-81, jan.-jun. 2016.

- RICHTER, M.; SEABRA, V.S.; SOUZA, G.M. O Desafio do Ensino das Geotecnologias. *In*: CARDOSO, C.; OLIVEIRA, L.D. (org.). **Aprendendo Geografia**: reflexões teóricas e experiências de ensino na UFRRJ. 1. ed. Seropédica: EDUR, 2012. p. 64-75.
- RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004. 222p.
- TUAN, Y.-F. **Espaço e Lugar**: a perspectiva da experiência. São Paulo: Difel, 1983.

CAPÍTULO 26

USO DE REALIDADE AUMENTADA PARA A CONSCIENTIZAÇÃO EM RELAÇÃO A ENCHENTES E DESLIZAMENTOS NO RIO DE JANEIRO

Marcella Ximenes Rodrigues¹

Carolina Bastos¹

Francisco de Assis Dourado da Silva¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPEDES-UERJ). Rua São Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20550-013. marcellaximenes7@gmail.com; cbastoslopes@gmail.com; franciscodourado1975@gmail.com.

RESUMO

Diante do contexto enfrentado por parte da população do Rio de Janeiro, onde a cada previsão de precipitação mais intensa surge o receio de inundações e deslizamentos de encostas, foi concebido o projeto de conscientização utilizando a tecnologia de realidade aumentada em conjunto com uma caixa de areia, permitindo a visualização de informações topográficas em tempo real, assim como simular chuvas e sua interação com o relevo. Essa abordagem torna a aprendizagem mais interativa e atrativa para pessoas de idades e classes sociais diferentes, a caixa de areia traz uma perspectiva inovadora do estudo geomorfológico. Utilizando o dispositivo Kinect, desenvolvido pela Microsoft para o videogame Xbox, e um projetor acoplados em uma estrutura acima da caixa de areia, empregamos o uso do software criado pela Universidade da Califórnia, Davis possibilitando o mapeamento da areia, podendo assim projetar curvas de nível e simular chuvas. Além disso, com a utilização de um pacote de atualizações publicado pela Geosphere é possível implementar ainda mais funções, como simulação de deslizamentos e projetar mapas específicos para reproduções mais direcionadas e detalhadas.

Palavras-chave: realidade aumentada; conscientização; simulação; topografia; caixa de areia.

ABSTRACT

In light of the reality faced by part of the population of Rio de Janeiro, in which every strong rain forecast comes with the fear of floods and landslides, it was conceived an awareness project using a sandbox alongside augmented reality technology, allowing the visualization of live topographical information, as well as simulate rains and its interaction with the relief. This approach makes the learning process more interactive and attractive for different ages and social class people, the sandbox brings an innovative perspective of the geomorphological study. Using the Kinect device, developed by Microsoft for the video game console Xbox, and a projector mounted to a structure above the sandbox, applying the software created by University of California, Davis it's possible to map the sand surface, allowing the projection of contour lines and rain simulations. Beyond that, making use of the pack of updates published by Geosphere it's possible to implement even more functionalities, such as landslides simulations and projecting specific maps for a more target simulation.

Keywords: Augmented reality; Awareness; Simulation; Topography; AR Sandbox.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio de Janeiro tem uma grande amplitude de relevo e diferentes densidades populacionais. Estamos em um país tropical e em diversos períodos do ano temos a incidência de precipitações mais fortes e concentradas em diferentes regiões. Todo ano, observamos diversos desastres ocorrerem em consequência das chuvas, e inundações e deslizamentos de terra se tornaram comuns em certas regiões e as ações de prevenção tomadas por prefeituras não parecem surtir efeito.

Foi nesse contexto, que surgiu a ideia de começar um projeto de conscientização mais lúdico e interessante para as pessoas que vivem em áreas de risco, a fim de conseguir mudar certos hábitos, como descartar o lixo de maneira inadequada, e reforçar que as recomendações dos agentes de segurança devem ser seguidas, como sair de áreas de risco, nos casos de emergências e observar o acionamento de sirenes.

Utilizando como base o projeto da Universidade da Califórnia, Davis, que desenvolveu o *software* e *hardware* para a criação da caixa de areia de realidade aumentada, reproduzimos o projeto no Centro de pesquisas e estudos sobre desastres (CEPEDES-UERJ), com a intenção de levar a caixa para diferentes instituições e apresentar, de uma forma interativa e inovadora, a maneira com a qual o solo interage com a chuva.

O *hardware* da AR Sandbox consiste de um kinect (criado pela Microsoft) e um projetor acoplados a uma haste sobre uma caixa de areia (Figura 1). O kinect utiliza uma tecnologia de percepção de movimentos com o uso de uma câmera comum, uma câmera de infravermelho e um projetor infravermelho; e, ao ligar o dispositivo, são projetados, em infravermelho, centenas de pontinhos na superfície e a câmera capta esse padrão de pontos, o mapeamento acontece pela detecção da distorção deles; Após a detecção, o kinect envia as informações para o programa que interpreta a informação de posição da areia e é projetado o resultado, as curvas de nível, na areia (Figura 2). Em seguida, podemos modificar a areia que quase instantaneamente as curvas se ajustam a nova configuração; e, para fazer a simulação de precipitações, é preciso somente posicionar a mão aberta em cima do local onde a chuva deve cair (Figura 3).



FIGURA 1 - AR Sandbox. Fonte: CEPEDES-UERJ.

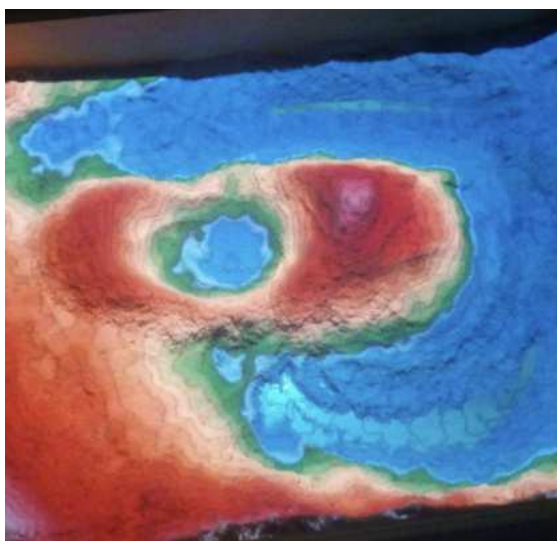


FIGURA 2 - Curvas de nível projetadas na areia.
Fonte: CEPEDES-UERJ.

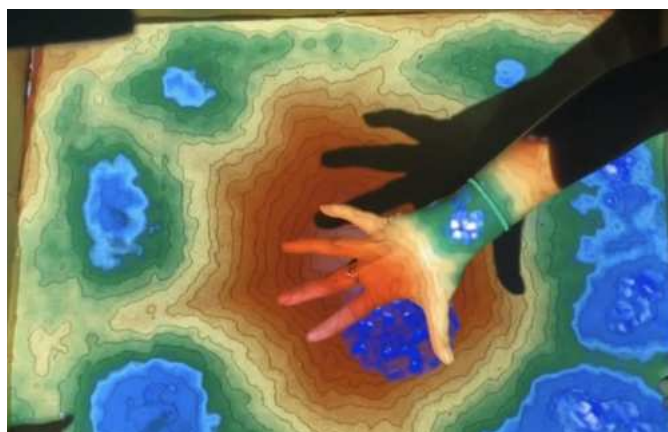


FIGURA 3 - Simulação de precipitação.
Fonte: CEPEDES-UERJ.

O *software* usado pela caixa de areia necessita de um sistema operacional Linux e um computador com uma placa de vídeo de boa performance, além de uma boa unidade central de processamento (CPU). O *software* tem dois componentes principais: o renderizador do mapa topográfico e o simulador de fluxo da água, enquanto o primeiro não exige tanto da placa de vídeo e CPU, o segundo, exige, e não seguir as recomendações de *hardware* pode tornar a experiência de simular chuva bem mais complicada. A instalação do *software* da AR Sandbox é bem simples, seguindo os passos providos pelo desenvolvedor. Após a instalação, é necessário calibrar o sistema com as configurações de dimensões da caixa de areia, assim como as propriedades do projetor e a versão do kinect; depois de todas as informações serem submetidas, o sistema deve começar a funcionar sem problemas.

Após o uso inicial do programa, entendemos o potencial de adicionar modificações para poder elevar ainda mais o potencial das representações e, é então, que surge o pacote de modificações publicado na Geosphere, que é baseado na linguagem de programação Python, tornando mais amigável para modificações de usuários, permitindo diversas novas funcionalidades, como a possibilidade de projetar um mapa real na caixa de areia, podendo expor a topografia à chuva ou a mudança no relevo; sendo possível também a implementação de marcadores de posição físicos, que podemos colocar sobre a areia, para marcar o ponto inicial e simular deslizamentos ou ondas sísmicas.

METODOLOGIA

Colaboração com o projeto *Escolas Seguras: Desenvolvendo a Resiliência Através da Educação*

De acordo com dados da Defesa Civil de Nova Iguaçu, é possível observar muitas áreas suscetíveis a alagamentos e inundações. Muitas ocorrências ocorrem no entorno de rios, principalmente, do rio Botas, que se estende por grande parte do município. Utilizando essa informação, em colaboração com o projeto “Escolas Seguras: Desenvolvendo a Resiliência Através da Educação”, criado pela Defesa Civil e envolvendo as escolas municipais de Nova Iguaçu, foi apresentada a oficina intitulada “Simulador de fenômenos Naturais”, onde ocorre a interação com a caixa de areia; a Tabela 1 apresenta a relação de escolas contempladas pelo projeto.

Após a escolha das escolas, é feita uma apresentação para os alunos com os conceitos básicos dos desastres naturais que acometem nosso estado (Figura 4) e, em seguida, as crianças podem interagir com a caixa (Figura 5).

TABELA 1 - Lista das escolas selecionadas pelo projeto em 2023.

Escola	Período
Casa da Criança Prof. Edivaldo Barros De Oliveira	1º semestre de 2023
Creche Nossa Senhora da Luz	1º semestre de 2023
E.M. Agroecológica Vale do Tinguá	1º semestre de 2023
E.M. José de Anchieta	2º semestre de 2023
E.M. Aminthas Pereira	2º semestre de 2023
E.M. Professora Izabel dos Santos Soares Melo	2º semestre de 2023

Fonte: CEPEDS-UERJ.



FIGURA 4 - Apresentação dos desastres naturais.
Fonte: CEPEDS-UERJ.



FIGURA 5 - Alunos interagindo com a caixa de areia.
Fonte: CEPEDES-UERJ.

Presença em eventos

Em três anos de atuação, o CEPEDES-UERJ já participou de diversos eventos com a caixa de areia. Aproveitando o aspecto atrativo, a caixa foi exposta no Festival Felicitas da Roça, em Niterói, a convite da Defesa Civil municipal (Figura 6), atraindo o público para a demonstração de ações de combate aos desastres naturais desenvolvidas no município. É importante pontuar também a participação na conferência bienal *Understanding Risk 2022*, em Florianópolis (Figura 7).



FIGURA 6 - Exposição da caixa de areia no Festival Felicitas da Roça em Niterói. Fonte: CEPEDES-UERJ.



FIGURA 7 - Exposição da caixa de areia na conferência bienal *Understanding Risk 2022*.
Fonte: CEPEDES-UERJ.

RESULTADOS

Segundo dados da Defesa Civil de Nova Iguaçu, o projeto “Escolas Seguras: Desenvolvendo a Resiliência Através da Educação”, em 2023, envolveu 853 alunos e 129 funcionários, em seis escolas. Uma semana após a oficina, os responsáveis pelo projeto retornam até as escolas, para avaliar a retenção de conhecimento dos alunos. A Figura 8 mostra a resposta de um dos alunos.



FIGURA 8 - Resposta de um dos alunos, uma semana após a oficina.
Fonte: CEPEDES-UERJ.

CONCLUSÕES

O uso de realidade aumentada (na caixa de areia) demonstra um potencial extremamente eclético e significativo em diversas áreas. Com ênfase particular na educação, tem grande potencial de mudar a percepção e o comportamento, em relação ao papel da população, na prevenção de desastres naturais, e a adoção de práticas sustentáveis. É importante destacar como o papel da conscientização, desde a base escolar, pode mudar as ações de comunidades, tanto em relação ao descarte de lixo como na conservação, tanto da vegetação que margeia os rios, quanto a que existe nas encostas. O projeto tem grande capacidade de expansão, graças à facilidade de integrar novas funcionalidades e expandir seu *software*. A possibilidade de fazer simulações mais precisas, o torna mais atrativo para conferências e eventos de diversas cidades, podendo influenciar aplicações em diversas áreas. Em resumo, o uso da realidade aumentada, assim como de tecnologias similares, têm o potencial de transformar a abordagem de diversos assuntos e conteúdos, atingindo diversas faixas etárias, impactando positivamente diversos segmentos da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEMADEN (Centro de Monitoramento de Desastres Naturais). **Escolas Seguras**: desenvolvendo a resiliência através da educação. Cemaden Educação. [s.d.]. <https://educacao.cemaden.gov.br/acao/escolas-seguras-desenvolvendo-a-resiliencia-atraves-da-educacao/>. Microsoft Press Store. **An Introduction to the Kinect Sensor**. <https://www.microsoftpressstore.com/articles/article.aspx?p=2201646>.
- OLIVER KREYLOS' RESEARCH AND DEVELOPMENT. **Augmented Reality Sandbox**. <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA IGUAÇU. [s. d.]. **Mapa de suscetibilidade e risco de alagamento e inundação**. <http://www.novaiguacu.rj.gov.br/smdc/wp-content/uploads/sites/27/2022/01/mapa-de-suscetibilidade-e-risco-de-alagamento-e-inundacao.pdf>.
- WELLMANN, F.S.V. *et al*. Open AR-Sandbox: A haptic interface for geoscience education and outreach. **Geosphere**, v. 18, n. 2, fev. 2022, p. 732–749.



EIXO 4

GNSS: aplicações nas geociências

CAPÍTULO 27

AVALIAÇÃO DA ADOÇÃO DO SISTEMA DE ALTITUDE NORMAL COM BASE NO POSICIONAMENTO POR SATÉLITES NO CAMPUS SEROPÉDICA DA UFRRJ

Francisco da Silva Tiburcio¹
Alessandra Svonka Palmeiro¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Engenharia. BR-465. Km 7. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23890-000. francisquin93@gmail.com; alepalmeiro@gmail.com.

RESUMO

A Geodésia desempenha papel crucial nos estudos relacionados aos fenômenos terrestres, permitindo a compreensão de efeitos que, vem se tornando recorrentes e preocupantes à humanidade, por exemplo, alterações climáticas, o aumento do nível do mar, entre outros. Para o entendimento destes fenômenos, dados provenientes do posicionamento com GNSS e das redes geodésicas fundamentais são essenciais, incluindo as redes do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Neste contexto, à unificação de um sistema de altitudes, tem sido foco de estudo pelos pesquisadores da área mundialmente. Em 2018, o IBGE modernizou a rede altimétrica brasileira adotando o sistema de altitudes normais como oficiais, e disponibilizou um modelo de conversão de altitudes obtidas do posicionamento com GNSS, nas referidas altitudes normais. O modelo de conversão disponibilizado é denominado hgeoHNOR2020. Desta forma, a referida pesquisa, objetivou realizar uma análise comparativa de dados de um levantamento geodésico no *campus* da UFRRJ e sua conversão em altitudes normais e comparar com dados dos Modelos Globais do Geopotencial (MGGs) (EGM2008, XGM2019e_2159, SGG-UGM-2 e GECO), além de verificar o impacto da adoção deste novo sistema. Os resultados apresentaram uma variação de 50 centímetros entre os MGGs, em contraste de uma representação mais detalhada obtida pelos modelos regionais do IBGE. A adoção do novo sistema de altitudes não impactou significativamente em relação ao seu antecessor na área de estudo.

Palavras-chave: sistemas de altitudes; modelo geopotencial global; hgeoHNOR2020.

ABSTRACT

Geodesy is crucial in studies related to terrestrial phenomena, allowing the understanding of effects that have become recurrent and worrying for humanity, such as climate change, rising sea levels, among others. To understand these phenomena, data from GNSS positioning and basic geodetic networks are essential, including the networks of the Brazilian Geodetic System (BGS). In this context, the unification of an altitude system has been the focus of studies by researchers in the field worldwide. In 2018, IBGE modernised the Brazilian altimetry network, officially adopting the normal altitude system and making available a model to convert the altitude obtained from positioning with GNSS to the aforementioned normal altitude. The available conversion model is called hgeoHNOR2020. Therefore, the aim of this research was to carry out a comparative analysis of the data obtained from a geodetic survey of the UFRRJ campus and its conversion into normal heights, and to compare it with the data obtained from the global geopotential models (MGGs) (EGM2008, XGM2019e_2159, SGG-UGM-2 and GECO), in addition to verifying the impact of the adoption of this new system. The results showed a variation of 50 centimetres between the MGGs, in contrast to the more detailed representation obtained by the IBGE regional models. The adoption of the new height system did not have a significant impact on its predecessor in the study area.

Keywords: height system; global geopotential models; hgeoHNOR2020.

INTRODUÇÃO

O uso crescente de dados geoespaciais permeia diversas áreas do conhecimento, como engenharia civil, meio ambiente e agricultura, impulsionando a aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG) e outras tecnologias. Garantir a qualidade desses dados é essencial, pois estão ligados tanto à forma, quanto à dinâmica do movimento da massa terrestre e ao campo gravitacional da Terra, por meio das redes fundamentais de referência que servem como base ao posicionamento, são foco constante de estudos e, atualmente, a definição de um sistema de altitudes unificado, consistente e global.

Dada a importância dessas informações, pesquisadores de instituições, nacionais e internacionais, estão constantemente inovando e aprimorando metodologias existentes, visando otimizar os resultados dos dados coletados em campo e garantir a sustentabilidade e preservação dos recursos do planeta para gerações futuras.

Tratando-se das redes altimétricas, recentemente, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresentou o modelo de conversão hgeoHNOR2020, substituindo o antecessor MAPGEO2015, cujo objetivo, é converter as altitudes provenientes do posicionamento com receptores GNSS, para aquelas com significado físico, isto é, vinculadas ao campo de gravidade da Terra, permitindo, desta forma, a unificação global.

Dada a novidade desse sistema de altitude, é fundamental compreender suas características, desde sua concepção até suas possíveis repercussões na comunidade de usuários. Nesse contexto, esta pesquisa realizou um levantamento geodésico, utilizando receptores GNSS em uma área pré-determinada, situada no *campus* da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), permitindo a comparação do novo sistema altimétrico brasileiro com seu antecessor. A metodologia envolveu levantamento de campo, processamento de dados, conversão de altitudes e análises comparativas na área de estudo, visando compreender o impacto da adoção do novo modelo.

METODOLOGIA

A área de estudo (Figura 1) está localizada na UFRRJ, no *campus* de Seropédica, e foi definida, por possuir uma variação altimétrica representativa no relevo, possibilitando a realização da análise altimétrica, comparativa entre os sistemas de altitudes brasileiros, em pontos levantados em campo com receptores GNSS, e as resultantes das conversões, via modelos regionais e globais.

Para gerar os modelos de altitudes, os pontos coletados foram estrategicamente definidos e distribuídos na área de estudo, totalizando 44 pontos, em região com uma variação no relevo de, aproximadamente, 15 metros.

Um planejamento cuidadoso, levando em consideração as condições locais, conduziu à escolha do método de posicionamento relativo estático, com receptor GNSS Hiper VR, para a coleta de dados, de acordo com as recomendações para levantamentos geodésicos (IBGE, 2008; Monico, 2008). Essa opção foi motivada por sua praticidade e capacidade de minimizar erros, garantindo resultados confiáveis e precisos dentro de um raio de cobertura inferior a 10 quilômetros. Em média, cada ponto foi ocupado por 25 minutos, tempo necessário para resolver ambiguidades associadas ao método e à linha de base.

O posicionamento com receptores GNSS foi realizado ao longo de nove dias, nos meses de outubro e novembro de 2022, e em dois dias de novembro de 2023. A estação do IBGE SAT 93640, localizada em frente ao Laboratório de Geodésia e Cadastro Técnico (LAGEC), foi adotada como base de referência para as operações de campo, conforme a Figura 2.

Geopotencial (MGGs) EGM2008, XGM2019e_2019, SGG-UGM-2 e o GECO, puros, com grau e ordem máximo, sem truncamento, cujas características, estão explicitadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Características dos MGGs.

MGG	Ano	Grau	Fonte de dados
EGM2008	2008	2190	A, G, S(Grace)
XGM2019e_2159	2019	2190, 5540, 760	A, G, S(GOCO06s), T
SGG-UGM-2	2020	2190	A, EGM2008, S(GOCE), S(Grace)
GECO	2015	2190	EGM2008, S(GOCE)

Fonte: INCE *et al.* (2019).

Com o crescente aumento da aplicação de receptores do GNSS para soluções de posicionamento, se tornou mais comum a obtenção de informações de altitude geométrica, enriquecendo a capacidade de localização e monitoramento. Totalmente sem vínculo com o campo gravitacional terrestre, logo sem sentido físico, necessário a unificação de redes, é inviável para aplicações em obras de Engenharia que necessitem do sentido de escoamento de água, por exemplo, fazendo-se necessário a conversão destes valores. A conversão das altitudes utilizando os modelos regionais do IBGE ou os MGGs globais é realizada, com base na altitude geométrica proveniente do posicionamento com receptores GNSS adicionado ao fator de conversão, podendo ser, anomalia de altura (hgeoHNOR2020), conforme Equação 1 (IBGE, 2021), e representado na Figura 3 para o caso do hgeoHNOR2020:

$$H^N = h \pm \eta \quad (\text{eq. 1})$$

onde: H^N = Altitude Normal; h = Altitude Geométrica; e η = Fator de conversão.

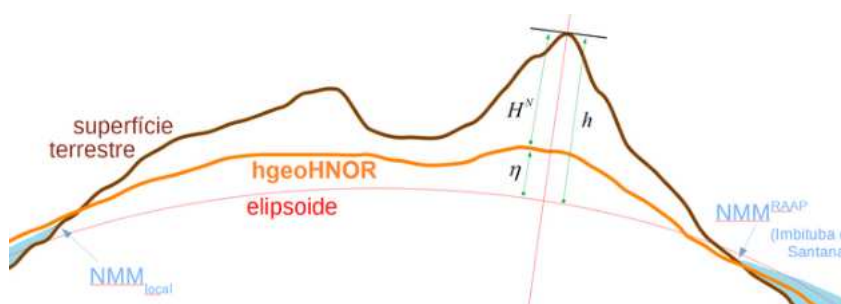


FIGURA 3 - Representação do hgeoHNOR2020 e da altitude normal, oficial do Brasil. Fonte: IBGE (2021).

Salienta-se que, para a obtenção da altitude, utilizando o MAPGEO2015 e/ou os funcionais dos MGGs, basta substituir na (1), o valor da altura ou ondulação geoidal (N) fornecido por estes, no lugar do fator de conversão e, conseqüentemente, a altitude obtida, será a antecessora Altitude Ortométrica-Normal.

RESULTADOS

Os resultados encontrados apontam uma proximidade do modelo regional hgeoHNOR2020 com os dados do modelo global EGM2008 (Figura 4). Este fato pode estar relacionado pelo EGM2008 ter sido o modelo precursor, servindo como base de dados para outros MGGs. Este MGG foi o primeiro a ser desenvolvido, em maior grau e ordem (2190) de harmônicos esféricos e com precisão adequada para diversas aplicações, inclusive, a de servir como base para diversos outros modelos combinados, que vieram a ser desenvolvidos posteriormente, por possuir dados terrestres, de altimetria satelital e dados da missão gravimétrica GRACE.

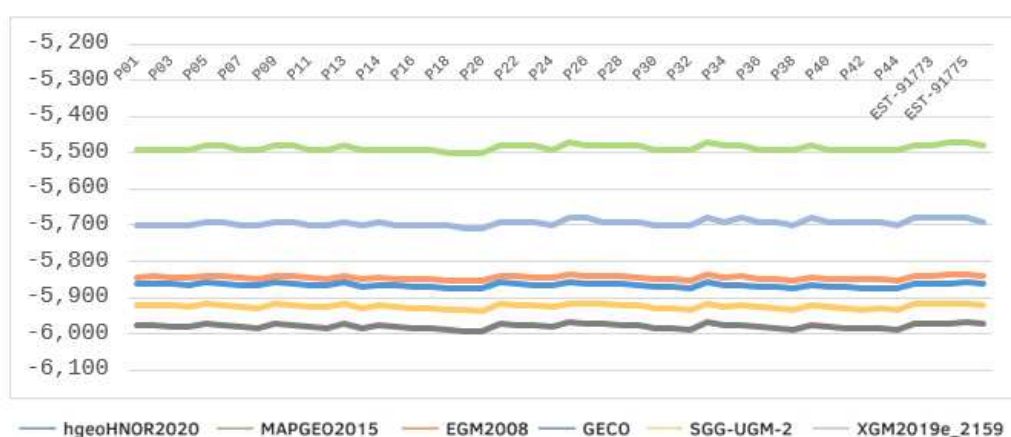


FIGURA 4 - Gráfico do processamento dos dados altimétricos. Elaboração própria (2023).

Observa-se também, referente aos modelos regionais, uma representação altimétrica mais detalhada, uma vez que esses modelos são constituídos com dados de estações presentes no território nacional, *in loco*, o que era previsto e foi testado, utilizando dados puros, uma vez que os MGGs contemplam somente os médios e longos comprimentos de onda, sendo os curtos, provenientes de dados terrestres, que devem ser combinados a estes modelos globais. A Figura 5 apresenta o modelo tridimensional de conversão do modelo hgeoHNOR2020 para a área de estudo.

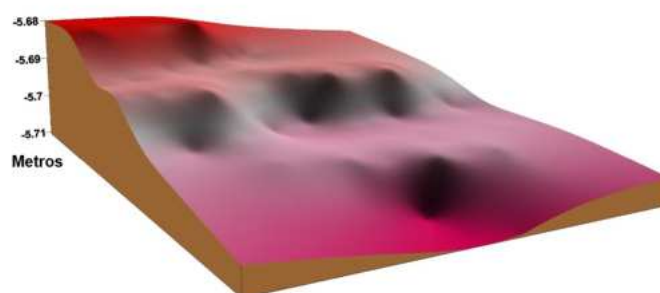


FIGURA 5 - Modelagem dos valores de conversão altimétricos do modelo hgeoHNOR2020. Elaboração própria.

Os modelos obtidos com os valores de anomalia de altura e ondulação geoidal regionais, provenientes do hgeoHNOR2020 e MAPGEO2015, isto é, o quase-geoide e o geoide, respectivamente, para a área de estudo, podem ser visualizados nas Figuras 6(a) e 6(b).

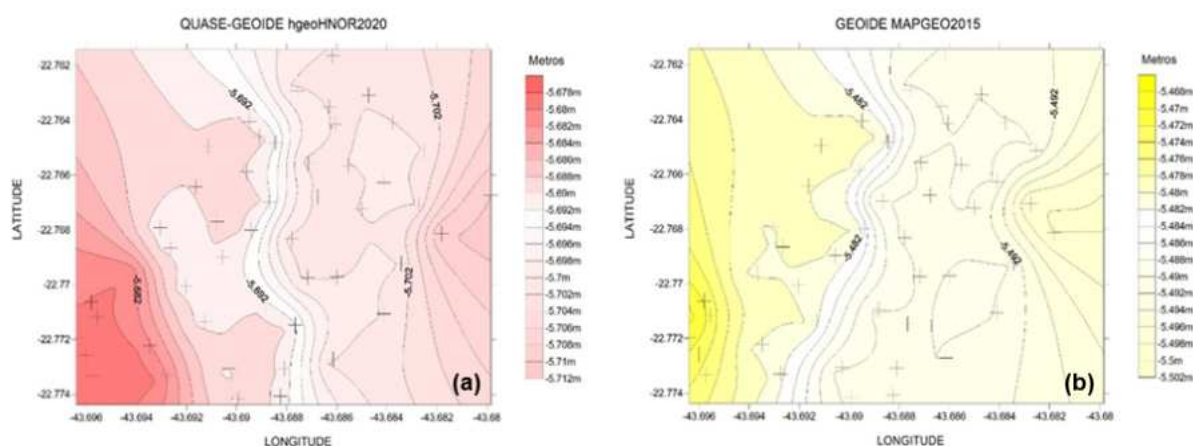


FIGURA 6 – Modelos: (a) do quase-geoide (hgeoHNOR2020) e (b) do geoide (MAPGEO2015).
Elaboração própria.

Os modelos obtidos com os valores de anomalia de altura globais, isto é, do quase-geoide, utilizados para fins comparativos no estudo, podem ser verificados na Figura 7(a), para o MGG EGM2008, e na Figura 7(b), para o MGG XGM2019e_2019; na Figura 8(a), para o MGG SGG-UGM-2, e na Figura 8(b) para o MGG GECO. Salienta-se que somente os modelos do quase-geoide serão apresentados, visto que o objeto de estudo da pesquisa são as altitudes atuais, brasileiras (altitudes normais).

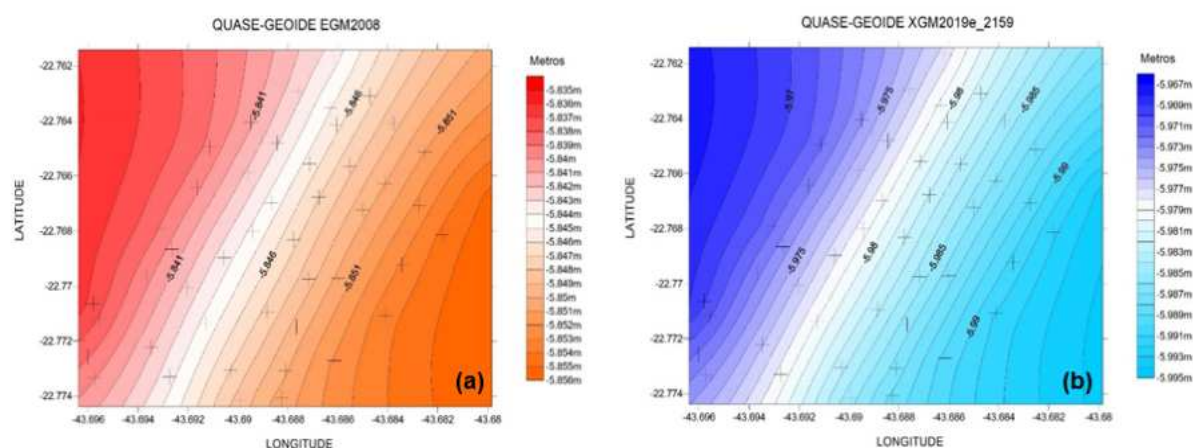


FIGURA 7 - Modelos do quase-geoide (a) do EGM2008 e (b) do XGM2019e_2159.
Elaboração própria.

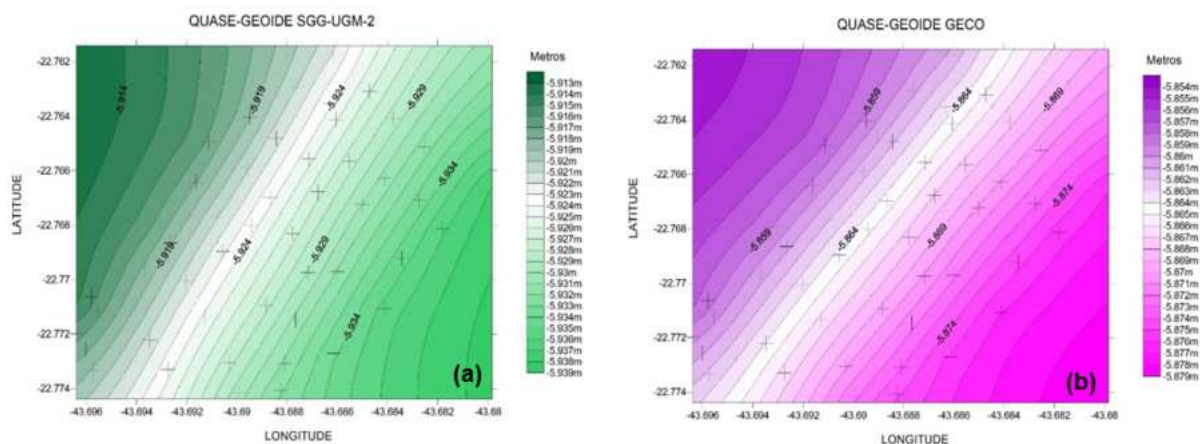


FIGURA 8 - Modelos do quase-geoide (a) do SGG-UGM-2 e (b) do GECO. Elaboração própria.

Para fins de realização de análise visual mais específica das diferenças existentes, bem como dos locais, onde estas diferenças foram detectadas entre os modelos, foram gerados modelos de discrepâncias entre os modelos regionais hgeoHNOR2020 e MAPGEO2015 (Figura 9) e entre o modelo regional hgeoHNOR2020 e os demais MGGs. O hgeoHNOR2020 foi tomado como referência, por ser o modelo de conversão atual e, subtraído dos demais modelos globais, resultando nos modelos das Figuras 10(a), com o MGG EGM2008; da Figura 10(b), o MGG XGM2019e_2159; e da Figura 11(a), o MGG SGG-UGM-2; e Figura 11(b), o MGG GECO.

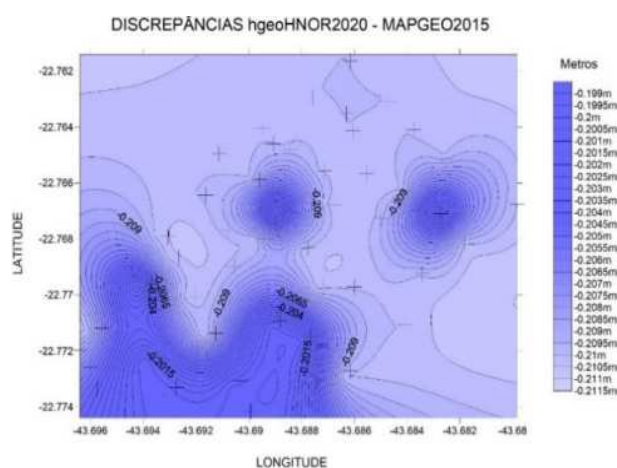


FIGURA 9 - Modelo de discrepâncias entre o hgeoHNOR2020 e o MAPGEO 2015. Elaboração própria.

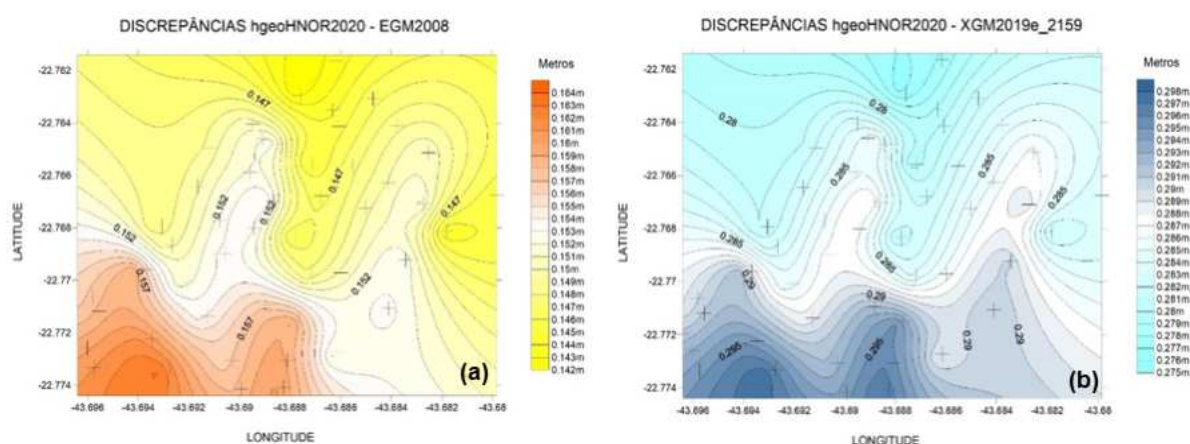


FIGURA 10 - Modelo de discrepâncias entre (a) o hgeoHNOR2020 e MGG EGM2008 e (b) o hgeoHNOR2020 e o MGG XGM2019e_2159. Elaboração própria.

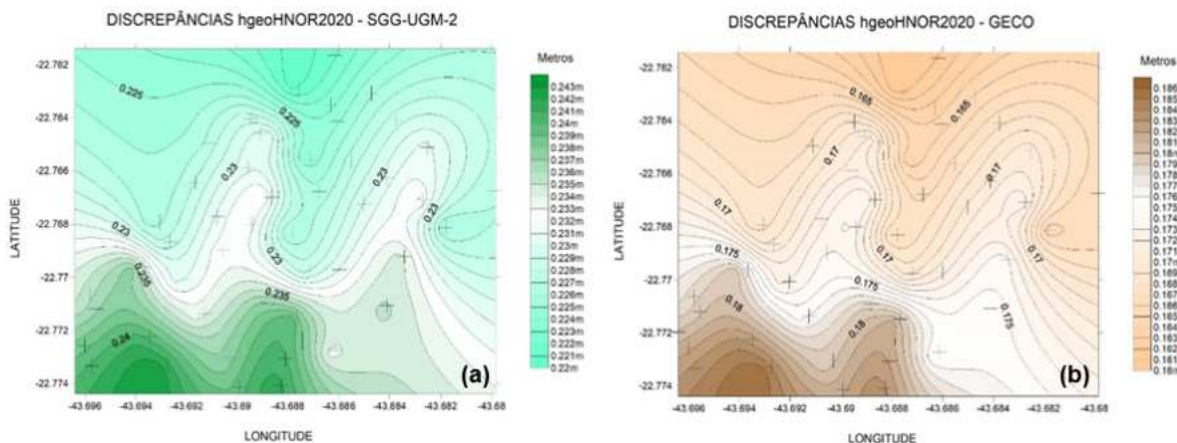


FIGURA 11 - Modelo de discrepâncias entre (a) o hgeoHNOR2020 e o MGG SGG-UGM-2 e (b) o hgeoHNOR2020 e o MGG GECO. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Os modelos digitais do terreno desempenham um papel crucial, em diversas áreas, oferecendo representações tridimensionais precisas do relevo terrestre. Seu valor é evidente em disciplinas como cartografia, geociências, engenharia civil e planejamento urbano e ambiental, onde a capacidade de visualizar e analisar o terreno, de forma virtual, é fundamental para as decisões informadas. A análise comparativa entre o modelo hgeoHNOR2020 e seu antecessor, o MAPGEO2015, revelou um deslocamento consistente, sugerindo um paralelismo entre o geoide e o quase-geoide, possivelmente, devido à área de estudo ser pequena.

O modelo MGG EGM2008 demonstrou a menor discrepância, em relação aos modelos mencionados, o que pode ser atribuído à disponibilidade de dados terrestres, altimetria satelital e dados da missão gravimétrica GRACE. Além disso, a proximidade da área de estudo com o mar contribui para a precisão do modelo, evidenciando sua importância em pesquisas científicas. Outro modelo com baixas discrepâncias em relação ao hgeoHNOR2020, é o GECO, desenvolvido com base no EGM2008 e dados da missão GOCE, aprimorados especialmente na parte oceânica, reforçando sua similaridade com o EGM2008.

As análises realizadas sugerem a viabilidade da adoção do novo sistema de altitudes normais para o Brasil, em conformidade com a resolução número 1 do IAG, que preconiza a unificação global desse componente. Possíveis erros estão associados às limitações dos receptores GNSS e ao uso de dados dos modelos de conversão. Como sugestões para estudos futuros, destacam-se o tratamento de dados de satélites, a criação de uma rede altimétrica para monitoramento e a análise geológica da região, considerando os efeitos físicos associados às altitudes, não detectados pelo GNSS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Modelo hgeoHNOR2020 para conversão de altitudes geométricas em altitudes normais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101841.pdf>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais**. Relatório Técnico, Curitiba, 2018. 55p.
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos-GPS**. 2008. https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/recom_gps_internet.pdf

INCE, E.S.; BARTHELMES, F.; REIBLAND, S.; ELGER, K.; FÖRSTE, C.; FLETCHER, F.; SCHUH, H. ICGEM – 15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services and future plans. **Earth System Science Data**, v. 11, p. 647-674, 2019. <http://doi.org/10.5194/essd-11-647-2019>

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008.

CAPÍTULO 28

MÉTODO DE POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP), RELATIVO ESTÁTICO E RTK: UMA AVALIAÇÃO DE ACURÁCIA EM UM LEVANTAMENTO COM RASTREADOR GNSS DE DUPLA FREQUÊNCIA

Ana Luísa Lima Silvestre da Silva¹
Rafael Silva de Barros¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia.
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916.
analua.lima09@gmail.com; rafael.barros@igeo.ufrj.br.

RESUMO

O PPP é um método de posicionamento geodésico por ponto preciso para dados GNSS, obtidos por rastreamento absoluto, com receptores de simples ou dupla frequência. O IBGE-PPP é um serviço gratuito do IBGE para a realização do pós-processamento destes dados GNSS, que, depois de submetidos, retorna as coordenadas planialtimétricas de um determinado ponto. Neste sentido, apesar de não existir um tempo mínimo especificado de rastreamento com GNSS para os dados serem processados por esse serviço, a duração do período de rastreamento interfere na precisão e acurácia das coordenadas determinadas no processamento. Portanto, este estudo visa avaliar a acurácia das coordenadas calculadas com o IBGE-PPP, a partir dos dados coletados, utilizando um equipamento GNSS de dupla frequência, e comparar com os levantamentos relativos cinemático em tempo real (RTK) e estático. Além disso, foi feita a comparação das coordenadas, obtidas em diversos pontos, com os obtidos por meio de levantamento RTK. Para isto, foi realizado um trabalho de campo na Associação de Modelismo dos Amigos (AMA), na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no qual, foram feitos os levantamentos durante uma hora, em um ponto de controle para processamento de dados de VANT, e em uma quina de um bloco de concreto nesta área, utilizando o receptor GNSS *Trimble R6* model 4 e o *Garmin 62 Stc*. Como resultados, o método de posicionamento por ponto preciso proporcionou resultados com acurácias superiores a 5 centímetros, enquanto o *Garmin* forneceu coordenadas com erros menores que o esperado.

Palavras-chave: GPS; posicionamento absoluto; órbitas precisas.

ABSTRACT

PPP is a Precise Point Geodetic Positioning method for GNSS data obtained by absolute tracking with single or dual frequency receivers. IBGE-PPP is a free IBGE service for post-processing this GNSS data which, once submitted, returns the planialtimetric coordinates of a given point. In this sense, although there is no specified minimum GNSS tracking time for the data to be processed by this service, the length of the tracking period interferes with the precision and accuracy of the coordinates determined in the processing. Therefore, this study aims to evaluate the accuracy of the coordinates calculated with IBGE-PPP from data collected using dual-frequency GNSS equipment and to compare them with relative Real-Time Kinematic (RTK) and Static surveys. In addition, the coordinates obtained at various points were compared with those obtained through RTK surveys. For this purpose, fieldwork was carried out at the UFRJ AMA, in which surveys were carried out for 1 hour at a control point for UAV data processing and at a corner of a concrete block in this area, using the Trimble R6 model 4 GNSS receiver and the Garmin 62 Stc. As a result, the precise point positioning method provided results with accuracies of more than 5 centimeters, while the Garmin provided coordinates with smaller errors than expected.

Keywords: GPS; absolute positioning; precise orbits.

INTRODUÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido na disciplina *Técnicas de levantamento de campo*, integrante do bacharelado em geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O levantamento por GNSS pode ser realizado por diferentes métodos e procedimentos. Esse posicionamento pode ser relativo ou absoluto, utilizar um receptor de navegação (que rastreia e registra o chamado código C/A) ou geodésico (que rastreia e registra as portadoras L1/L2), por exemplo. Nesta disciplina, os métodos abordados foram os denominados *relativo estático*, *cinemático em tempo real* (RTK) e *posicionamento por ponto preciso* (PPP).

O chamado PPP é um método para dados GNSS, obtidos por rastreamento absoluto, com receptores de simples ou dupla frequência (Souza, 2016). O IBGE-PPP é um serviço gratuito do IBGE para a realização do pós-processamento destes dados GNSS, que, depois de enviados ao site do serviço do IBGE, retorna as coordenadas planialtimétricas de um determinado ponto ou conjunto deles.

Neste sentido, apesar de não existir um tempo mínimo especificado de rastreamento com GNSS, a fim de que os dados sejam processados por esse serviço, a duração do período de rastreamento interfere na precisão e na acurácia das coordenadas determinadas no processamento, pois, se o tempo de rastreamento é menor, a acurácia obtida para as coordenadas do ponto também será menor (IBGE, 2023). A precisão esperada para uma hora de levantamento estático, num receptor geodésico de duas frequências, é de 4 cm (IBGE, 2017).

Portanto, este trabalho possui, como objetivo, avaliar a precisão das coordenadas calculadas com o PPP, a partir dos dados coletados, utilizando um equipamento GNSS de duas frequências (L1/L2); e comparar as coordenadas nos mesmos pontos, obtidas a partir de levantamentos relativos, como o cinemático em tempo real (RTK) e o estático. Busca-se ainda comparar todas as coordenadas obtidas do receptor GPS de navegação, da marca Garmin, de portadora C/A, com o levantamento RTK.

REVISÃO CONCEITUAL

Para a realização deste estudo, foram considerados os conceitos GNSS, posicionamento absoluto, relativo e pós processamento - IBGE PPP. Segundo o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2013, p. 7):

A sigla GNSS (*Global Navigation Satellite System*), em português, Sistema Global de Navegação por Satélite abrange sistemas de navegação com cobertura global além de uma série de infraestruturas espaciais (SBAS – *Satellite Based Augmentation System*) e terrestres (GBAS – *Ground Based Augmentation System*) que associadas aos sistemas proporcionam maior precisão e confiabilidade.

Estes, permitem que receptores sobre a superfície terrestre possam determinar a posição e a coordenada terrestre, por meio de um sistema espacial. O posicionamento por GNSS pode ser realizado por diferentes métodos. Logo, neste trabalho, será priorizado e abordado o posicionamento por ponto preciso (PPP). O chamado posicionamento absoluto, também conhecido como posicionamento por ponto ou isolado, necessita da utilização de apenas um receptor, como é o caso do PPP. Já o posicionamento relativo, segundo IBGE (2008), precisa de, no mínimo, dois receptores, coletando simultaneamente dados de, pelo menos, dois satélites em comum, sendo que um dos receptores deve ocupar uma estação com coordenadas conhecidas (estação base) e o outro, deverá ser posicionado nos pontos (vértices), cujas coordenadas deseja-se conhecer (*rover*); como é o caso dos chamados levantamentos RTK e estático.

Para o levantamento escolhido, é necessário um pós processamento dos dados GNSS, em um *software* apropriado. Portanto, foi empregado o serviço on-line e gratuito, o IBGE-PPP. As coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP podem ser utilizadas em diversas aplicações, tais como:

georreferenciamento, avaliação de levantamentos, determinação de bases etc. Entretanto, é fundamental que o levantamento seja realizado com equipamentos adequados e em condições favoráveis, para a obtenção de melhores precisão e acurácia, considerando o tempo de rastreio, o estacionamento do equipamento, a baixa ou nenhuma obstrução das observáveis (IBGE, 2023).

MATERIAIS E MÉTODOS

De forma a ilustrar os processos metodológicos deste trabalho, foi criado um fluxograma dos passos executados (Figura 1).

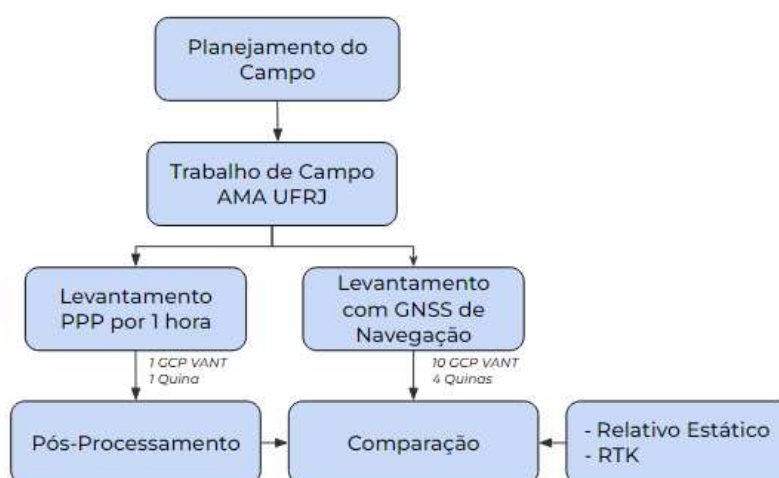


FIGURA 1 - Fluxograma das etapas do trabalho. Elaboração própria.

MATERIAIS

Para a obtenção das coordenadas pelo PPP, foi utilizado um receptor GNSS *Trimble R6 model 4*, de duas frequências (L1/L2). Também utilizou-se uma coletora, para armazenar os dados obtidos e descarregá-los posteriormente. Além disso, um receptor GPS de navegação, modelo 62stc da marca Garmin, que rastreia o código C/A, foi empregado para obter as coordenadas de outros pontos, que permitiram a comparação com os dados dos demais levantamentos realizados (Figura 2).



FIGURA 2 - Equipamentos utilizados na obtenção das coordenadas: receptor GNSS Trimble R6 model 4, de duas frequências (L1/L2) (esq.) e receptor GPS de navegação Garmin 62 Stc (dir.). Elaboração própria.

MÉTODOS

O primeiro passo para a realização deste trabalho foi o planejamento do campo. Logo, foi decidido que este levantamento seria realizado em equipe (duplas), sendo pré-estabelecidos os dados que seriam coletados, além das indicações de segurança e as adequações para o levantamento (Fig. 3).



FIGURA 3 - Pontos preestabelecidos de cada levantamento. Elaboração própria.

No dia 25 de outubro de 2022, foi realizado o trabalho de campo na AMA UFRJ, no qual foi feito o levantamento estático absoluto durante 1 hora, em um ponto de controle para processamento de dados de VANT (veículo aéreo não tripulado), e em uma quina de um bloco de concreto nesta área, utilizando o receptor GNSS *Trimble R6*. Posteriormente, foram coletadas as coordenadas destes mesmos pontos, dos demais pontos de controle (GCPs) para processamento de dados de VANT e quinas do bloco de concreto, com auxílio do GPS de navegação, *Garmin 62 Stc*. Os resultados esperados com um GNSS de navegação giram entre 3 e 15 metros.

Os demais grupos realizaram os levantamentos relativo estático e RTK, onde utilizaram dois receptores, sendo um deles, a base, e o outro, o *rover*. A implantação da estação base foi previamente definida pelo professor e pelos monitores. O levantamento Estático realizou a visita do *rover* a 3 GCPs, distribuídos aleatoriamente no terreno, além das duas quinas do bloco de concreto, com tempo de permanência de 10 minutos. Foi utilizado o programa *Trimble Business Center*, para o pós-processamento. Já para o RTK, realizou-se a visita a todos os GCPs e todas as quinas do bloco de concreto, estabilizando por cerca de 1 minuto, em cada ponto, obtendo as coordenadas em tempo real.

Após o campo, em gabinete, utilizou-se uma coletora para acessar os dados levantados para o PPP e estes foram descarregados em um computador no formato T02 e então, convertidos para o formato RINEX. Em seguida, os dados foram enviados via Internet para o pós-processamento no IBGE-PPP. Por fim, o resultado do pós processamento foi disponibilizado em um e-mail cadastrado e na própria página do IBGE-PPP, compactado em um arquivo (de extensão .zip), com todas as informações necessárias para análise.

RESULTADOS

Como resultado deste trabalho, após o pós-processamento, foram obtidas as coordenadas dos levantamentos realizados para o PPP. Também foram obtidas as coordenadas dos levantamentos RTK e estático pós-processado, para comparação com o PPP. Por fim, foi feita também uma comparação entre as coordenadas dos pontos levantados com o GPS de navegação e os dados obtidos por RTK.

COMPARAÇÃO ENTRE CINEMÁTICO EM TEMPO REAL (RTK) E RELATIVO ESTÁTICO

A Tabela 1 apresenta os resultados das coordenadas dos levantamentos RTK e estático, contendo apenas três GCPs e duas quinas do bloco de concreto. Isto ocorre, pois a referência utilizada para essa comparação é o levantamento estático, que foi realizado apenas nestes 5 pontos. Na Tabela 2, são apresentadas as diferenças entre os dois levantamentos. Considera-se que estas diferenças são os erros do levantamento RTK, já que a referência é o levantamento estático. Ressalta-se que os dados da Tabela 1 foram transformados de metros para centímetros, no intuito de melhorar a compreensão da diferença no resultado final. Portanto, percebe-se que a média das resultantes, entendida como o erro do RTK, é de 1,8 cm, na planimetria. A média dos erros da altimetria é de -10,6 cm. Já o desvio padrão do erro (resultante) foi de 0,9 cm e de 1,3 cm, na altimetria, o que indica boas precisões.

Em relação ao mínimo e ao máximo, os valores obtidos nos pontos foram transformados em absolutos para a compreensão do seu afastamento do valor de referência. O mínimo, referente ao erro (resultante), foi de 1 cm e o máximo, 3,4 cm. Na altitude, o menor erro foi de 9,2 cm e o maior, 12,4 cm. Apesar de poucos dados, por ser um trabalho de disciplina e por muitos levantamentos terem sido realizados em um curto período de tempo, as informações mostram-se coerentes. Os erros observados na planimetria ficaram dentro do esperado, mas na altimetria, os erros ficaram um pouco acima do que previsto.

TABELA 1 - Coordenadas adquiridas pelos levantamentos RTK e estático.

RTK (Cinemático em Tempo Real)				Estático			
3 GCP Alvo				3 GCP Alvo			
Ponto	Este (m)	Norte (m)	Altitude (m)	Ponto	Este (m)	Norte (m)	Altitude (m)
GCP 2	682477,338	7470557,696	3,358	GCP 2	682477,349	7470557,709	3,482
GCP 6	682439,489	7470420,386	3,042	GCP 6	682439,504	7470420,389	3,146
GCP 8	682447,920	7470499,489	3,364	GCP 8	682447,900	7470499,462	3,456
2 Quinas do Bloco de Concreto				2 Quinas do Bloco de Concreto			
BL1	682396,724	7470485,876	3,612	BL1	682396,733	7470485,872	3,724
BL2	682396,798	7470485,946	3,630	BL2	682396,811	7470485,939	3,726

Elaboração própria.

TABELA 2 - Dados da comparação dos erros entre os levantamentos RTK e estático.

Diferença RTK - Estático				
Ponto	ΔE (cm)	ΔN (cm)	Resultante (cm)	ΔH (cm)
GCP 2	-1,1	-1,3	1,7	-12,4
GCP 6	-1,5	-0,3	1,5	-10,4
GCP 8	2,0	2,7	3,4	-9,2
BL1	-0,9	0,4	1,0	-11,2
BL2	-1,3	0,7	1,5	-9,6
MÉDIA	-0,6	0,4	1,8	-10,6
DESVIO PADRÃO	1,4	1,5	0,9	1,3
MÍNIMO	0,9	0,3	1,0	9,2
MÁXIMO	2,0	2,7	3,4	12,4

Elaboração própria.

COMPARAÇÃO PPP COM RELATIVO ESTÁTICO E CINEMÁTICO EM TEMPO REAL (RTK)

Foi estabelecido que as coordenadas de um ponto de controle e de uma quina de um bloco de concreto seriam utilizados como referências, na comparação entre os métodos de PPP e RTK. Na Tabela 3, são exibidos, à esquerda, os erros do PPP com relação ao levantamento Estático. A média dos erros demonstra a resultante em 3,5 cm, na planimetria, e de -4 cm, na altimetria. O desvio padrão tem a resultante em 0,5 cm e, na altitude, 4,8 cm. À direita, a média dos erros do RTK, em relação ao PPP, tem a resultante em 4,7 cm e na altitude, 6,2 cm. O desvio padrão da resultante foi de 1,7 cm e, na altitude, 3,4 cm. Em função da pouca quantidade de dados, não foi calculado o mínimo, máximo e o CE90 (erro circular em 90% dos pontos), pois, o ideal são, no mínimo, 20 amostras, para ser suportado por meio da teoria das pequenas amostras.

A média dos erros entre o PPP e o relativo estático ficou dentro do esperado (até 4 cm). Porém foram observados valores diferentes nos dois pontos e no bloco de concreto, o erro foi de 7,4 cm, o que não era esperado. A média dos erros entre o PPP e o RTK ficou um pouco acima, mas também dentro do esperado, já que o RTK costuma apresentar erros um pouco maiores. Observando os dois pontos individualmente, encontram-se erros maiores, tanto na planimetria quanto na altimetria, mas, agora, no ponto usado como alvo (GCP) para o processamento dos dados do VANT.

TABELA 3 - Coordenadas e erros dos levantamentos PPP, RTK e estático.

Levantamento	Ponto	Este (m)	Norte (m)	Altitude (m)
PPP	GCP 8	682447,863	7470499,474	3,450
ESTÁTICO		682447,900	7470499,462	3,456
RTK		682447,920	7470499,489	3,364
PPP	BL1	682396,753	7470485,896	3,650
ESTÁTICO		682396,733	7470485,872	3,724
RTK		682396,724	7470485,876	3,612

Diferença PPP - Estático					Diferença RTK - PPP				
Ponto	ΔE (cm)	ΔN (cm)	Resultante (cm)	ΔH (cm)	Ponto	ΔE (cm)	ΔN (cm)	Resultante (cm)	ΔH (cm)
GCP 8	-3,7	1,2	3,9	-0,6	GCP8	5,7	1,5	5,9	8,6
BL1	2,0	2,4	3,1	-7,4	BL1	-2,9	-2,0	3,5	3,8
MÉDIA	-0,9	1,8	3,5	-4,0	MÉDIA	1,4	-0,3	4,7	6,2
DESVIO PADRÃO	4,0	0,8	0,5	4,8	DESVIO PADRÃO	6,1	2,5	1,7	3,4

Elaboração própria.

COMPARAÇÃO GPS DE NAVEGAÇÃO E CINEMÁTICO EM TEMPO REAL (RTK)

A comparação das coordenadas, obtidas por meio do GPS de navegação Garmin, foi realizada junto ao levantamento cinemático em tempo real (RTK), pois foi o único levantamento que também coletou todos os pontos (Tabela 4). Além disso, evidencia-se que não foi obtida a altitude com o GPS de navegação, no intuito de comparação, pois ela é considerada errônea e instável demais, tendo, segundo a experiência dos trabalhos anteriormente realizados na disciplina, uma diferença da ordem de até 50 metros.

Ao observar os erros nesta tabela, pode-se afirmar que o Garmin, em relação ao RTK, apresentou, na média, a resultante de 138,6 cm e desvio padrão de 78 cm. Já os valores de mínimo e máximo, transformados em absolutos, apresentaram um mínimo de 31,2 cm e o máximo de 290,5 cm. O CE90 foi calculado, apesar de não dispor do número mínimo ideal de dados. O seu resultado foi de 253,9 cm.

Portanto, acredita-se que os resultados finais tenham sido melhores que o esperado, possivelmente, por ter sido utilizada a função de média de 120 segundos de rastreamento para cada um dos pontos levantados.

TABELA 4 - Comparação entre os levantamentos RTK e com GPS de navegação.

Garmin 64SX			RTK (Cinemático em Tempo Real)			Comparação Garmin - RTK			
GCP Alvo			GCP Alvo			Ponto	ΔE (cm)	ΔN (cm)	Resultante (cm)
Ponto	Este (m)	Norte (m)	Ponto	Este (m)	Norte (m)				
GCP 1	682429	7470517	GCP 1	682430,707	7470517,860	GCP 1	-170,7	-86,0	191,1
GCP 2	682477	7470558	GCP 2	682477,338	7470557,696	GCP 2	-33,8	30,4	45,5
GCP 3	682491	7470524	GCP 3	682491,550	7470526,852	GCP 3	-55,0	-285,2	290,5
GCP 4	682523	7470486	GCP 4	682523,064	7470486,305	GCP 4	-6,4	-30,5	31,2
GCP 5	682475	7470440	GCP 5	682476,524	7470440,438	GCP 5	-152,4	-43,8	158,6
GCP 6	682439	7470420	GCP 6	682439,489	7470420,386	GCP 6	-48,9	-38,6	62,3
GCP 7	682440	7470452	GCP 7	682441,044	7470451,871	GCP 7	-104,4	12,9	105,2
GCP 8	682447	7470500	GCP 8	682447,920	7470499,489	GCP 8	-92,0	51,1	105,2
GCP 9	682414	7470478	GCP 9	682414,969	7470479,042	GCP 9	-96,9	-104,2	142,3
GCP 10	682387	7470499	GCP 10	682389,364	7470498,074	GCP 10	-236,4	92,6	253,9
Quinas do Bloco de Concreto			Quinas do Bloco de Concreto			BL1	-172,4	112,4	205,8
BL1	682395	7470487	BL1	682396,724	7470485,876	BL2	120,2	105,4	159,9
BL2	682398	7470487	BL2	682396,798	7470485,946	BL3	57,9	-14,9	59,8
BL3	682398	7470485	BL3	682397,421	7470485,149	BL4	69,7	-109,2	129,5
BL4	682398	7470484	BL4	682397,303	7470485,092	MÉDIA	-65,8	-22,0	138,6
						DESVIO PADRÃO	102,0	105,7	78,0
						MÍNIMO	6,4	12,9	31,2
						MÁXIMO	236,4	285,2	290,5
						CE90	-	-	253,9

Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Portanto, conclui-se afirmando que este trabalho demonstrou que diferentes métodos de rastreamento dos receptores obtêm discrepâncias entre as coordenadas, que resultam em diferentes precisões e acurácias. Ademais, as diferenças entre os receptores geodésicos e de navegação são significativas, uma vez que a funcionalidade e proposta de cada equipamento é distinta, tendo cada um, sua maneira própria para obter o resultado final das coordenadas. O PPP apresentou resultados dentro do esperado anteriormente (em cm). Logo, a praticidade de processar os dados de forma on-line e gratuita e não depender de base, processar os dados das duas frequências (L1/L2); e ter uma boa precisão e acurácia são considerados pontos positivos para a aplicação deste importante recurso. Entretanto, o seu levantamento e obtenção das coordenadas finais não são realizados com rapidez. O levantamento relativo-estático é considerado o mais preciso, mas necessita de uma base, demanda um programa que é pago (licença) e de custo alto. Já o RTK, tem a vantagem de obter as coordenadas em tempo real, com boa precisão e acurácia. Todavia, pode ter problemas com obstruções do *link* de comunicação e apresenta custo elevado. Por fim, apesar da apresentação do resultado final do GPS de navegação ser feita em centímetros, ele mostrou-se o menos preciso (como era de se esperar), com grande discrepância de valores, comparado aos demais levantamentos. Contudo, seus erros surpreendem, por terem sido menores que o esperado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual do Usuário. Aplicativo online IBGE-PPP**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual do Usuário. IBGE-PPP: Serviço online para Pós-Processamento de dados GNSS**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.
- INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). **Manual Técnico de Posicionamento. Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília: IBGE, 2013.
- SOUZA, A.B.M. **Avaliação de acurácia do método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) em diferentes intervalos de rastreamento com equipamentos GNSS (Sistemas Globais de Navegação por Satélite) de dupla frequência (L1/L2)**. 2016. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Matemáticas e da Natureza) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2016.



EIXO 5

RPAs/ Drones:

levantamentos

de alta resolução

CAPÍTULO 29

ÁGUAS DIVIDIDAS: MONITORAMENTO DA VITALIDADE NATURAL E O IMPACTO URBANO NO RIO TINGUÁ COM UTILIZAÇÃO DE DRONES

Suyane Silva¹
Carlos Renato Meirelles²
Williane Vasconcelos³
Gisele Medeiros⁴

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Programa de Pós-graduação em Geografia.
2. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – Agente Temporário Ambiental.
3. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia.
4. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – Analista Ambiental.

RESUMO

A Reserva Biológica (REBIO) do Tinguá é uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral, com uso restrito e limitado apenas à pesquisa e à educação ambiental, devido às regras de categorização do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Localizada em quatro municípios do estado do Rio de Janeiro (Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Miguel Pereira e Petrópolis), o histórico de criação da UC está relacionado com a água, desde a época do Império, devido às suas captações, que abastecem atualmente parte da Baixada Fluminense. Sendo assim, a REBIO protege os leitos de diversos rios, que, em muitas vezes, se encontram poluídos, em área urbana. Diante disso, a atividade em questão tem o objetivo de demonstrar a diferença do Rio Tinguá, com recorte no trecho, que vai da altura da sede da REBIO do Tinguá até a sua margem, localizada no entorno imediato da UC, saindo de um local de proteção total para um local de início da área urbana. A metodologia aplicada foi a pesquisa ação em campo, com auxílio de drone, para monitoramento da área de estudo, o uso de imagens de satélite Google Earth (para reconhecimento da área) e a utilização do sistema de informação geográfica QGIS, na confecção dos mapas. Dessa maneira, foi possível observar a importância do uso das geotecnologias para o monitoramento da biodiversidade, mostrando a relevância das áreas protegidas, na preservação do curso dos rios, das suas matas ciliares e de todo o ecossistema.

Palavras-chave: Reserva biológica do Tinguá; geotecnologias; drone; rios; monitoramento.

ABSTRACT

The Tinguá Biological Reserve (REBIO) is an integrally protected area (EPA), where its use is restricted and limited only to research and environmental education, due to categorization rules of the Brazilian National System of Nature Conservation Units (SNUC). Located in four municipalities in the state of Rio de Janeiro, namely: Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Miguel Pereira and Petrópolis, the history of creation of the UC is related to water since the time of the empire, due to the water collections that supply today part of Baixada Fluminense. Therefore, REBIO designs the beds of several rivers that are often polluted in the urban context. In view of this, the activity in question aims to demonstrate the difference of the Tinguá River, with a cut in the stretch that goes from the height of the REBIO do Tinguá headquarters to its bank in the immediate surroundings of the PA, leaving a place of total protection for the beginning of urbanization. The methodology applied was field action research with the aid of a drone to monitor the study area, the use of Google Earth satellite images to recognize the area and the use of the QGIS geographic information system to create maps. In this way, it was possible to observe the importance of using geotechnology for monitoring biodiversity, showing the relevance of protected areas in preserving the course of rivers, their riparian forests and the entire ecosystem.

Keywords: biological reserve; geotechnologies; drone; rivers; monitoring.

INTRODUÇÃO

A Reserva Biológica (REBIO) do Tinguá, localizada, em sua maior parte, na Baixada Fluminense do Rio de Janeiro, foi criada pelo Decreto n. 97.780, de 23 de maio de 1989, localizada no Estado do Rio de Janeiro, seu território, de aproximadamente 25 mil hectares, está presente nos municípios de Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Petrópolis e Miguel Pereira; além de sua Zona de Amortecimento (ZA), nos municípios de Japeri e Queimados (IBAMA, 2006). Representa 6% do total de área protegida do estado, sendo uma das mais importantes dentro do bioma de Mata Atlântica, pertencente à categoria de proteção integral, sendo o seu uso, somente permitido para fins educacionais e de pesquisa, mediante autorização prévia (ICMBio, s.d.).

A proteção da área, onde está atualmente a Reserva Biológica do Tinguá, é data da época do império, onde, por ordem do então Imperador D. Pedro II, a região foi declarada como área protegida, considerando seus mananciais. Sendo assim, a água é o principal recurso ecossistêmico da REBIO do Tinguá, sendo utilizada como um dos principais argumentos para a sua conservação. De acordo com a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), a REBIO é fonte de mais de 30 captações de água, que abastecem aproximadamente 1.120.000 habitantes (CEDAE, 2016), que vivem no seu entorno. Além disso, os principais rios da bacia hidrográfica de abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro possuem nascentes no interior da REBIO, que deságuam nos seguintes rios: Tinguá, Boa Esperança, Pati, João Pinto, Registro, São Pedro, Santo Antônio e D'ouro. Ademais, é refúgio de inúmeros espécies da fauna e flora, que dependem diretamente de seus recursos para sobreviver (IBAMA, 2006).

Se tratando de uma Unidade de Conservação de proteção integral, onde seu objetivo é a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais (ICMBio, s.d.). A REBIO do Tinguá cumpre seu papel, dentro do seu limite, porém, logo no seu entorno imediato, o impacto antrópico nos rios é notório, tanto no que se refere ao saneamento, quanto em construções em suas margens.

Desenvolvendo essa problemática, este ensaio visa utilizar ferramentas de geoprocessamento, a fim de mostrar a diferença da margem do rio Tinguá, entre o trecho que está inserido dentro da REBIO e o trecho fora dela, na região do bairro Tinguá, conhecida como "Rua da Cachoeira". Desde antes a sua criação, a REBIO do Tinguá tem sua história diretamente ligada aos rios e nascentes, que estão em seu interior. Além disso, no processo de desenvolvimento urbano, desde os séculos anteriores, que ocorreu às margens dos rios, e nos dias de hoje, as pessoas sentem os impactos dessas ações.

O principal objetivo dessa pesquisa é demonstrar a importância das áreas preservadas para incentivar a redução de impactos dos rios e mananciais. Tendo como objetivos específicos, monitorar a mata ciliar dos rios que passam por impacto urbano; sensibilizar a sociedade quanto à preservação das margens dos rios; utilizar o geoprocessamento na criação de materiais didáticos e visuais.

METODOLOGIA

Os passos metodológicos, seguidos no desenvolvimento dessa pesquisa, foram a pesquisa-ação, com atividades de campo na área escolhida e utilização das geotecnologias, a fim de monitorar e ilustrar tamanha relevância dos rios que cortam a REBIO. A Figura 1 foi desenvolvida com o sistema de informação geográfica (SIG) QGIS, a fim de exibir os principais rios, que possuem nascentes no interior da REBIO e cortam os municípios da Baixada Fluminense (Nova Iguaçu, Queimados, Japeri e Duque de Caxias).

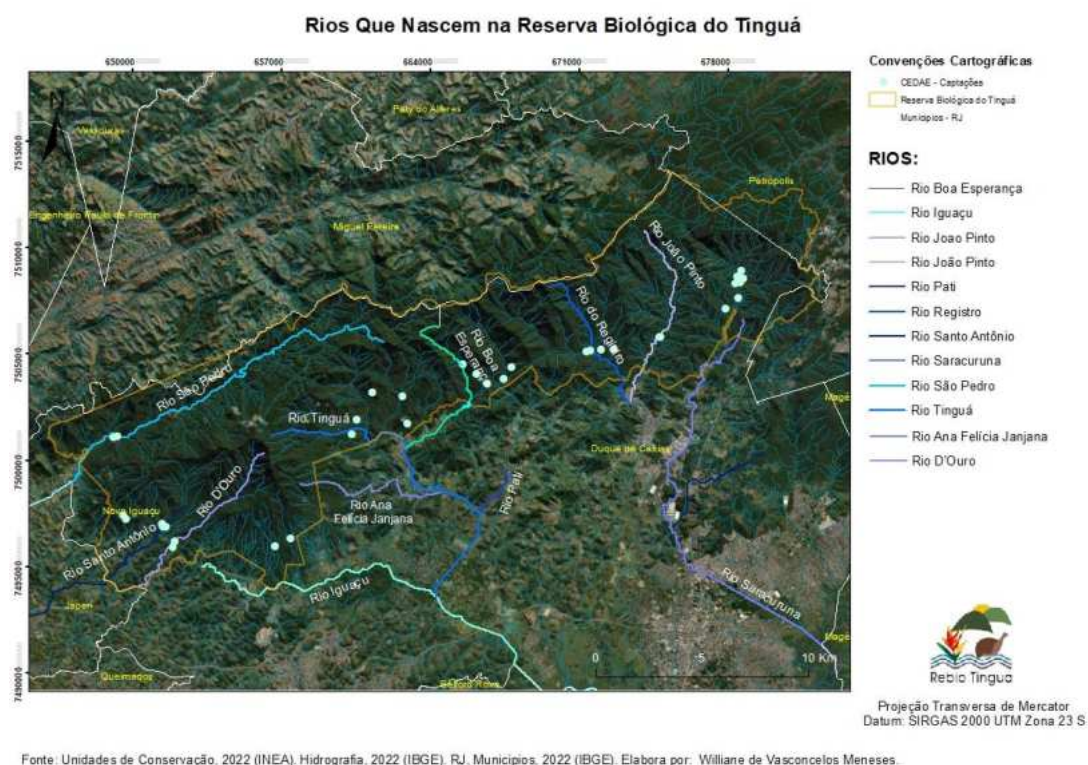


FIGURA 1 - Mapa dos principais rios que nascem na REBIO do Tinguá. Elaboração própria.

Nessa via, esta pesquisa se desenvolve, a partir da perspectiva de comparação da margem do rio Tinguá, na localidade do bairro Tinguá, em Nova Iguaçu (Figura 2), e a diferença de sua mata ciliar, dentro da unidade de conservação (UC) e fora dela.



FIGURA 2 - Mapa dos rios que nascem na REBIO do Tinguá (recorte do rio Tinguá). Elaboração própria.

Para uma análise assertiva, foi realizado o reconhecimento da área de estudo, utilizando as imagens de satélite disponíveis no *Google Earth*, demonstradas na Figura 3 e 4. Com essas imagens, foi possível delimitar a área de estudo, além da possibilidade de fazer a observação aérea da diferença entre as áreas de proteção ambiental e rural/urbana.



FIGURA 3 - Área urbanizada do entorno da REBIO, no curso do Rio Tinguá. Elaboração própria.



FIGURA 4 - Definição da área de estudo. Elaboração própria.

Após levantamento por imagens de satélite, se faz necessário o monitoramento mais detalhado. Dessa forma, para a realização do monitoramento do rio com mais detalhe, será utilizado o *drone*, para aquisição de imagens mais aproximadas e alcance do resultado proposto na pesquisa.

RESULTADOS

Em uma análise simplificada, utilizando o recurso dos *drones*, foi possível observar de forma clara que a interferência urbana é notória no rio Tinguá, assim que extrapolado o limite da UC. O sobrevoo teve seu início na margem do rio, proximamente à sede administrativa da REBIO do Tinguá (Figura 5) e seguiu descendo seu curso até alcançar a sua margem, na “Rua da Cachoeira”, localidade popularmente conhecida no bairro Tinguá.



FIGURA 5 - Imagem aérea do Rio Tinguá no interior da REBIO, proximamente à sede administrativa. Produto de sobrevoo com *drone*, realizado pela equipe.

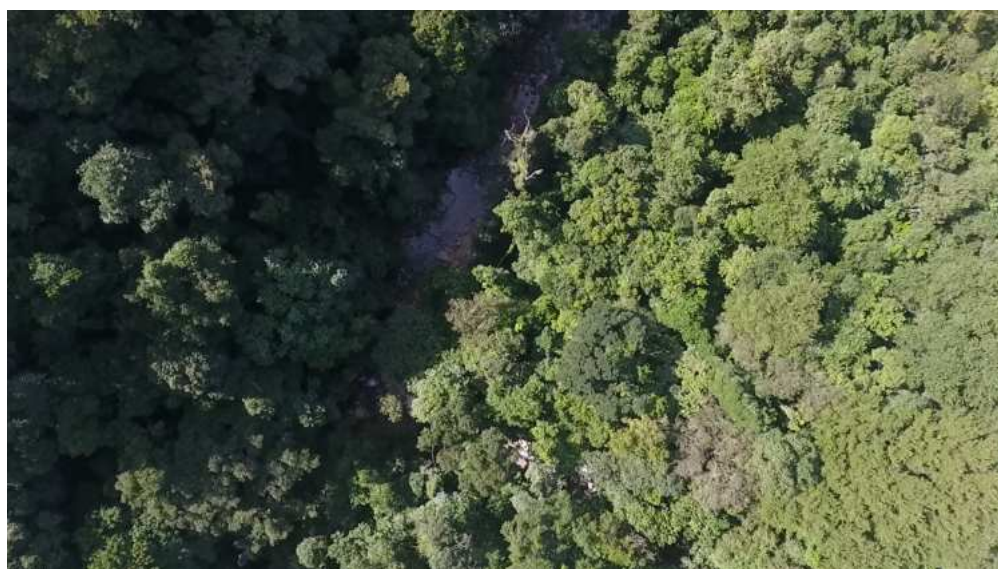
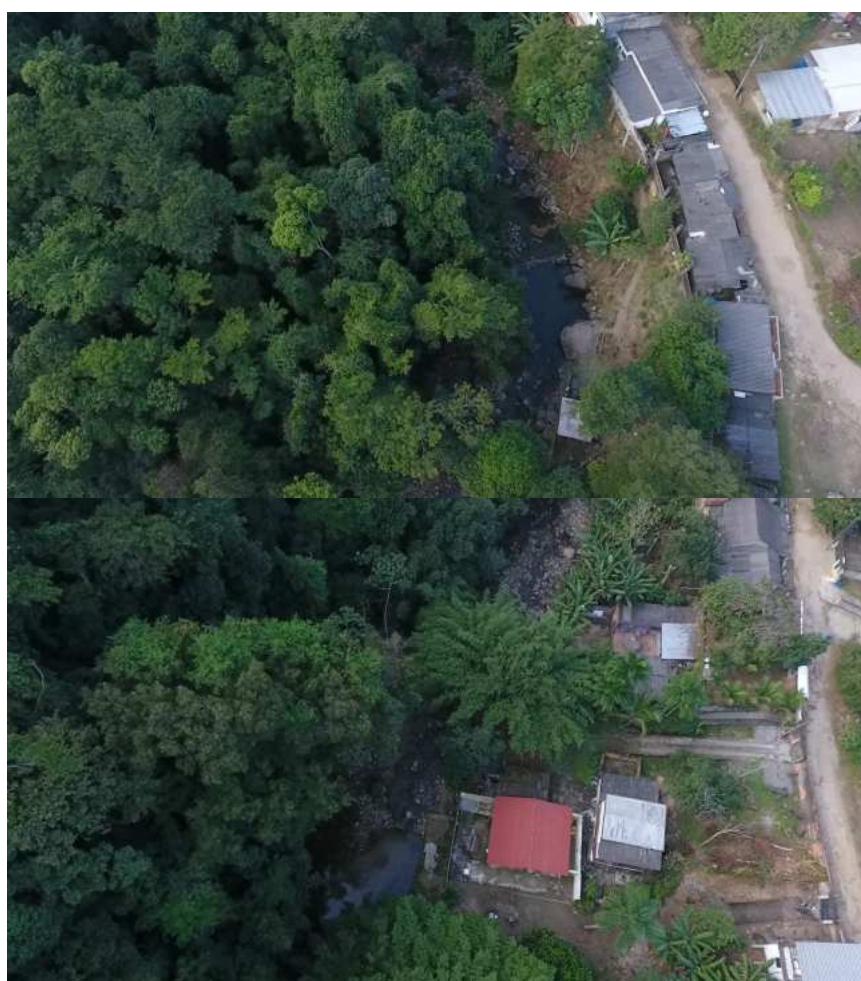


FIGURA 6 - Imagem aérea do rio Tinguá no interior da REBIO. Produto de sobrevoo com *drone*, realizado pela equipe.

Continuando o seu curso, a equipe seguiu com o *drone* até a área proposta. Sinalizando a demarcação do limite da REBIO com o círculo, onde é localizado o portão de entrada, e uma linha amarela na Figura 7. A partir daí, observam-se as mudanças e os impactos antrópicos na área.



FIGURA 7 - Imagem aérea do rio Tinguá, no limite da REBIO.
Produto de sobrevoo com *drone*, realizado pela equipe.



FIGURAS 8 e 9 - Imagem aérea do Rio Tinguá, externamente à REBIO, na margem da "Rua da Cachoeira".
Produto de sobrevoo com *drone*, realizado pela equipe.

CONCLUSÕES

É notável que a utilização das geotecnologias se torna fundamental no monitoramento da biodiversidade de áreas protegidas. Com utilização de recursos como estes, é possível a criação de imagens que geram maior entendimento da área e facilitam as ações, tanto de educação ambiental quanto de pesquisa e fiscalização. Infelizmente, os rios passam historicamente por interferências nas áreas urbanas, desde o início dos processos civilizatórios, e os impactos dessas interferências são cada vez mais frequentes. Seguindo esta reflexão, a utilização destes recursos pode ser crucial, na tentativa de mitigação dos impactos ambientais, impulsionando o conhecimento, de uma maneira didática e ilustrativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei Federal n. 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>

CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro). **Estações de tratamento.** https://cedae.com.br/estacoes_tratamento

CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro). **Relatório anual Tinguá:** informações aos usuários. <http://www.cedae.com.br/div/RelatoriosQualidadeAgua/2016/Tingua.pdf>

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Plano de Manejo da Reserva Biológica do Tinguá.** Brasília: MMA, 2006. https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rebio-do-tingua/arquivos/copy_of_pm_rebio_tingua.pdf

ICMBio (Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade). **REBIO do Tinguá.** <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rebio-do-tingua>

CAPÍTULO 30

ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DE ALTURA, PARA A COMPREENSÃO DE UM PROCESSO DE VOÇORAMENTO NOS ANOS DE 2020 E 2022, EM UMA VERTENTE DA BACIA DO RIO IRIRI, EM MAGÉ/RJ, A PARTIR DE IMAGENS DE VANT

Wellington Marins Coutinho Firmino¹

Phillipe Valente Cardoso²

Vinicius da Silva Seabra²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. wellingtoncoutinho@gmail.com.

2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP). Departamento de Geografia. Rua Doutor Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. Brasil. CEP: 24435-005. valentephc@gmail.com; vinigeobr@yahoo.com.br.

RESUMO

As atividades humanas na superfície terrestre têm gerado grandes transformações na paisagem e os processos erosivos são uma evidência disso, pois, apesar de serem algo natural, a atividade humana tem acelerado estes processos. Um exemplo disso, é um processo erosivo por voçorocamento, localizado em Magé (RJ), que surgiu por uma interferência antrópica, sendo alvo deste capítulo. A metodologia utilizada na presente análise leva em consideração os modelos digitais de elevação, obtidos nos anos de 2020 e 2022. As análises foram realizadas, a partir do sistema de informação geográfica (SIG) QGIS e da linguagem de programação R. Os resultados demonstram que a voçoroca está em atividade, com áreas de erosão e deposição, sendo estes resultados, frutos da evolução tecnológica e dos valores mais acessíveis, proporcionados pela utilização do VANT na análise.

Palavras-chave: VANT; voçorocamento; perfis topográficos.

ABSTRACT

Human activities on the earth's surface have generated great transformations in the landscape, and erosive processes are evidence of this, because despite being something natural, human activity has accelerated these processes. An example, and the focus of the analyses of this article, is the gully located in Magé in the State of Rio de Janeiro, which underwent an anthropic interference altering its shape, thus generating the erosive process. The methodology used in this analysis considers the digital elevation models obtained in the years 2020 and 2022, the analyses were carried out using the QGIS software and the R programming language.

Keywords: UAV; gully; topographic profiles.

INTRODUÇÃO

A atividade humana na superfície tem gerado um nível de transformação que não era visto em poucos séculos e, como consequência, tem alterado o equilíbrio da Natureza. Esta atividade tem sido tão expressiva, que, atualmente, os estudos que exploram a questão do Antropoceno têm tido um elevado número de publicações, desde os anos 2000, pois é inegável que a humanidade tem deixado suas marcas no planeta.

Os processos erosivos são elementos visíveis ao longo da superfície terrestre, podendo sua evolução, ser avaliada e estudada, com o auxílio de imagens de satélite, ou por meio de fotografias aéreas, uma vez que, a partir delas, é possível mensurar o fenômeno, por meio do tempo e/ou as diferentes escalas, com base no objetivo a se cumprir.

Um destaque, feito por Guerra (2021), demonstra que a erosão dos solos não acarreta consequências apenas nas áreas onde ocorrem. Esse processo causa, quase sempre, uma sequência de problemas ambientais, em níveis locais ou maiores.

Essa reflexão traz luz e incentivo à continuidade dos estudos acerca de processos erosivos, pois causam grandes transtornos para sociedade. Como, por exemplo, a inutilização de áreas agrícolas, a destruição de estradas, o assoreamento de rios, entre outros problemas socioambientais.

Desta maneira, tornam-se cada vez mais necessários, os estudos que contribuem para a compreensão da evolução dos processos erosivos e as suas consequências ambientais e econômicas para a sociedade. Dentre as diferentes possibilidades de investigação, destacam-se aquelas que fazem uso de recursos geotecnológicos, as quais permitem análises precisas, do ponto de vista espacial; e ainda, permitem o monitoramento constante das mudanças da superfície terrestre.

Dentre os recursos geotecnológicos, destaca-se a evolução das formas de imageamento, pois permite a captação de cenas com resoluções cada vez mais elevadas, além de proporcionar, cada dia mais, liberdade dos usuários, por exemplo, a possibilidade de determinar o período de sobrevôo, sendo possível compreender a evolução das mudanças na paisagem, quase que diariamente, eliminando assim a dependência de revisita dos sensores transportados por satélites. Soma-se a isso, o fato de que as detecções de mudanças estão sendo mensuradas com um nível de detalhe cada vez maior.

Estas possibilidades têm sido possíveis, devido à popularização do *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS) ou popularmente conhecido como drone. Esta popularização é decorrência dos modelos de altíssima resolução espacial, gerados por suas fotografias, atreladas ao baixo custo, em comparação à aquisição das imagens de satélite, que buscam atingir uma resolução similar, mas em nível orbital. Em contrapartida, o tamanho das cenas é muito menor do que as captadas por sensores orbitais e estes equipamentos são mais susceptíveis às condições atmosféricas momentâneas.

É de grande relevância mencionar as fotografias aéreas e as imagens de satélite, como fontes de informações dinâmicas, que contribuem para a compreensão dos processos de evolução do uso do solo. A utilização desta tecnologia permite compreender o passado e, a partir dele, analisar como as mudanças afetam o meio natural, indicando assim, as áreas para a preservação e os riscos para todos os seres que ali vivem, assim como, indicar o progresso ou estabilidade de diversos processos.

A área de estudo está situada no estado do Rio de Janeiro, na bacia do rio Iriri, que, por sua vez, está inserida inteiramente no município de Magé. Para o estudo de caso, a abordagem será na Bacia do rio Iriri, integrante da Região Hidrográfica V e alocada inteiramente no mesmo município de Magé. A Figura 1 representa a localização da Bacia do rio Iriri, em relação ao município de Magé.

Uma peculiaridade da área de interesse está no quesito da forma da encosta, pois, ao observamos o topo, podemos notar que este é aplainado. Este aplainamento foi realizado, a partir de uma obra de infraestrutura para a construção da praça pedágio Magé-Teresópolis, localizada perto da área de estudo (aprox. 300 m).

Essa informação é importante, pois assim, é possível compreender um dos possíveis motivos para o início do processo erosivo, como é sabido, o solo é composto por camadas e esta remoção pode significar a perda do primeiro horizonte do solo. A partir desta observação, podemos refletir sobre as perdas que este solo sofreu, primeiramente, a remoção da sua vegetação, em superfície, facilitando, desta maneira, o escoamento superficial.

Outra observação está em relação à possibilidade da perda de raízes no interior do solo. Neste quesito, Poesen (2018) destaca que a maior parte dos estudos busca compreender a relação dos efeitos da vegetação acima do solo. Entretanto, a vegetação abaixo do solo recebe pouca atenção. Poesen (2018) ressalta, entretanto, que as raízes vegetais possuem importante papel nos processos de erosão incisiva, como é o caso dos processos por voçorocamento.

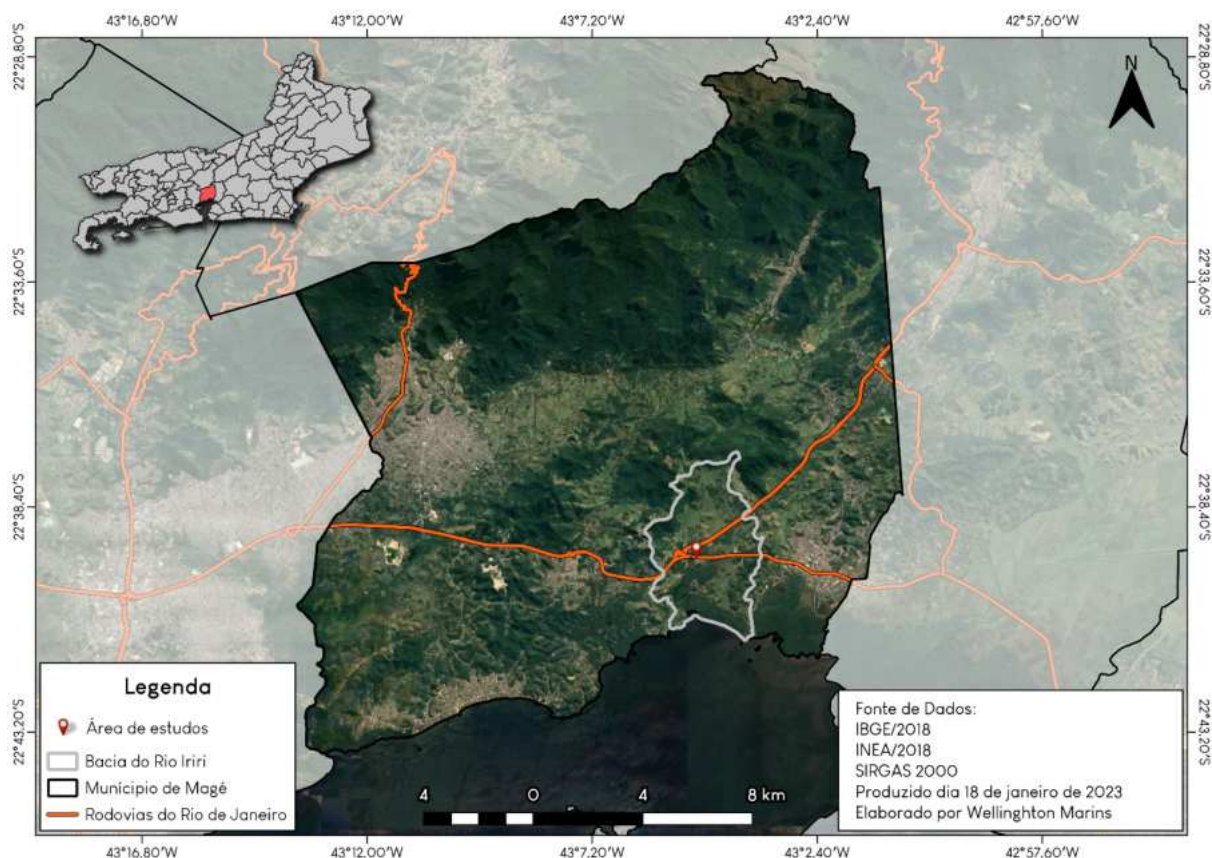


FIGURA 1 - Mapa da área de interesse. Elaboração própria (2023).

O conceito de voçoroca, utilizado neste capítulo, tem como base, os trabalhos de Augustin e Aranha (2006a; 2006b), Rocha-Leão (2005) e Tominaga (2015), que apontam que as voçorocas são oriundas de processos complexos e decorrentes do movimento da água, em superfície e em subsuperfície, como será descrito nos parágrafos seguintes.

Augustin e Aranha (2006b) descrevem que as voçorocas são feições distintas na paisagem e que são formadas, por meio da erosão provocada pelo escoamento superficial ou pelo colapso do teto de dutos formados por *piping*. A autora destaca que este é um processo complexo, que associa os processos erosivos superficiais e subsuperficiais, tais como, os de movimento de massa, destacando o deslizamento, a corrida de lama e a queda de bloco de rochas, altamente intemperizadas.

O voçorocamento é um processo de erosão linear, que ocorre quando a erosão se desenvolve pela contribuição das águas superficiais e subsuperficiais. Em função da ação da água subsuperficial, este é um processo erosivo de alto poder destrutivo, que tem a atuação de diferentes fenômenos, tais como a erosão superficial, a erosão interna, os solapamentos, os desabamentos e os escorregamentos (Tominaga, 2015).

METODOLOGIA

Esta etapa consistiu na criação de um modelo, que contém a diferença entre os anos de 2020 e 2022. O modelo de variação de altura foi elaborado no sistema de informação geográfica (SIG) QGIS, esta etapa foi realizada, a partir da ferramenta “Calculadora de Raster”, onde foi feita a subtração do MDE de 2022, pelo MDE de 2020. Desta maneira, o modelo resultante demonstra as áreas que sofreram erosão, assim como as áreas de deposição ou crescimento de vegetação.

As variações de altura, ao longo dos perfis, foram feitas a partir do complemento “Profile Tool” no SIG QGIS, utilizando os perfis topográficos, descritos anteriormente. Em seguida, os valores foram exportados no formato comma-separated values (.csv) e interpretados na linguagem R, gerando um gráfico que será apresentado no próximo capítulo.

A definição das classes foi baseada em porcentagens, assim equilibrando os valores de erosão e crescimento. No Quadro 1, estão descritos o nome da classe e, respectivamente, as porcentagens e os valores usados. Os critérios utilizados levam em conta uma análise acerca das variabilidades do MDE. Os valores são resultantes da porcentagem do valor máximo e mínimo do *raster*, respectivamente, de -9,50 m e 10,28 m.

QUADRO 1 - Classes utilizadas na pesquisa, porcentagens e valores.

Nome da Classe	Porcentagem (%)	Valores (m)
Crescimento Alto	Maior que 70	Maior que 7,19
Crescimento Médio	Entre 50 e 70	Entre 5,14 e 7,19
Crescimento Baixo	Entre 20 e 50	Entre 2,05 e 5,14
Baixa Variação	Entre -20 e 20	Entre -1,9 e 2,05
Erosão Baixa	Entre -20 e -50	Entre -4,75 e -1,9
Erosão Média	Entre -50 e -70	Entre -6,65 e -4,75
Erosão Alta	Menor que -70	Menor que -6,65

Elaboração própria (2023).

Por fim, foi calculada a área para cada classe, sendo esta etapa, elaborada a partir da linguagem R. No R, foi utilizado o pacote *Raster*, para reclassificar o *raster*, possibilitando assim o cálculo da área por classe. A reclassificação foi realizada a partir das informações estabelecidas no Quadro 1 e, na sequência, foi realizado o cálculo das áreas, a partir do resultado da reclassificação. Para esta etapa, foi necessário o valor de frequência e da multiplicação dos valores de resolução do *raster*.

A equação utilizada para obter os valores da área está expressa na Equação 1. Vale ressaltar que, para obter um resultado em m², é necessário que a projeção esteja em UTM.

$$\text{Área} = \text{Contagem de Células} \times (\text{resolução}(x) \times \text{resolução}(y)) \quad (\text{eq. 1})$$

Estas etapas foram elaboradas na linguagem R, por apresentar os melhores resultados (Tabela 1).

TABELA 1 - Resultados dos cálculos de área.

Nome da Classe	Contagem de Células	Área (m ²)	Porcentagem (%)
Crescimento Alto	4.064	1,895	0,037
Crescimento Médio	48.326	22,537	0,439
Crescimento Baixo	3.170.250	1.478,426	28,774
Baixa Variação	7.563.692	3.527,279	68,65
Erosão Baixa	106.967	49,883	0,971
Erosão Média	54.545	25,437	0,495
Erosão Alta	69.868	32,582	0,634
Total	11.017.712	5.138,039	100

Elaboração própria (2023).

RESULTADOS

As análises das variações de altura consideram as diferenças entre modelos digitais de elevação, para os anos de 2020 e 2022. A Figura 2 apresenta um mapa com as áreas de crescimento (em tons de verde) e as áreas de erosão (em tons de vermelho).

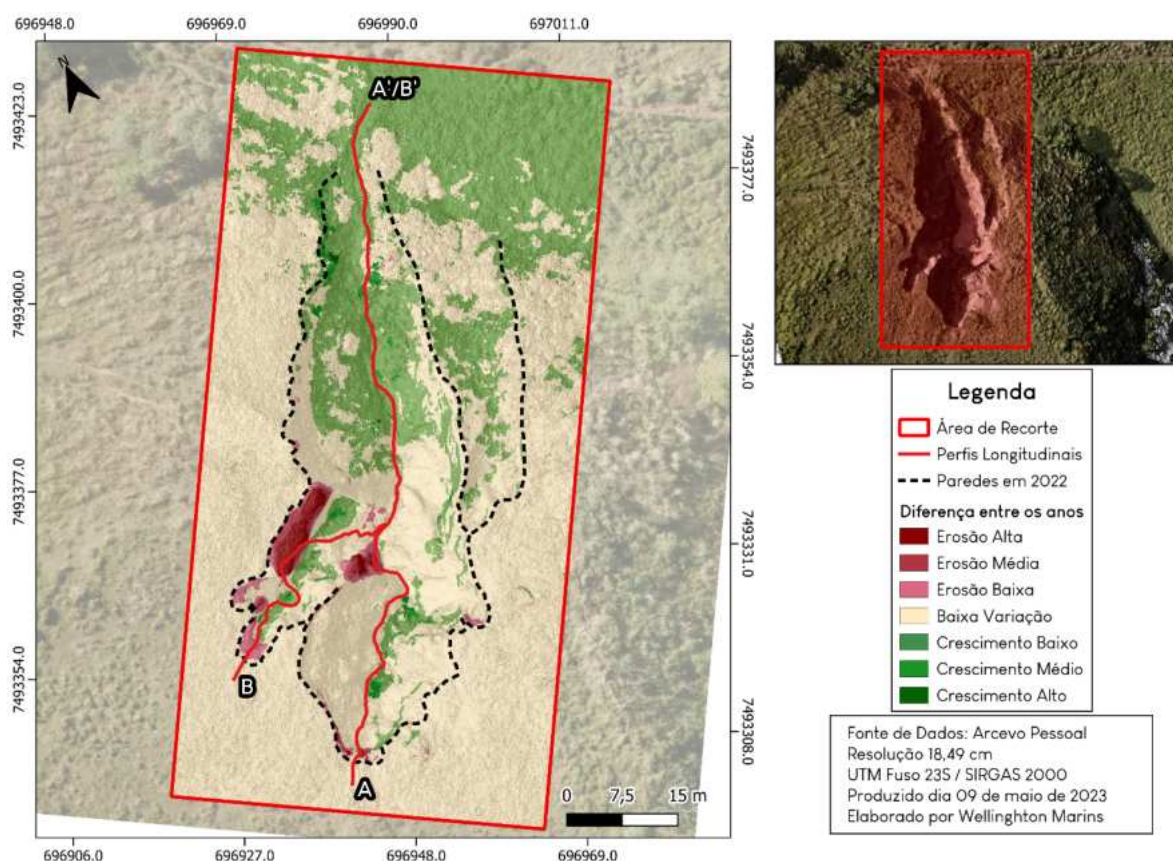


FIGURA 2 - Mapa de variação de alturas. Áreas de crescimento (em tons de verde) e áreas de erosão (em tons de vermelho). Elaboração própria (2023).

A partir da análise visual, é possível observar que há uma predominância das áreas de baixa variação e de crescimento. Vale ressaltar que o modelo leva em conta a vegetação, ou seja, no entorno das paredes voçoroca (na porção inferior). Por este motivo, optou-se por classificar essas áreas como de “crescimento” e não, como de “deposição”. As áreas marcadas por uma baixa variação no entorno das paredes (as paredes estão demarcadas pela linha tracejada) são, em sua maioria, compostas por vegetação rasteira e, desta forma, nestas áreas, não houve um crescimento expressivo da vegetação, assim como também não ocorreram novos processos erosivos.

Entretanto, ao observar o interior da voçoroca, é possível notar que houve um avanço no processo erosivo. Outro aspecto notável está nas áreas de erosão, que se encontram na porção a montante, enquanto que a porção a jusante está marcada por zonas de deposição de sedimentos, como também pelo crescimento da vegetação.

A Figura 2 apresenta duas fotografias, em ângulos similares. A partir dessa, é possível observar que, além da queda de parte de uma parede da voçoroca (em 2020), temos a presença de vegetação, que indica que o processo normalmente está começando a se estabilizar. Entretanto, quando observa-se o ano de 2022, nota-se que esta vegetação foi soterrada e removida parcialmente.

Ao associar as Figuras 2 e 3, é possível observar que esta área (na Figura 2) é marcada por um processo de deposição (a área indicada se encontra próxima ao encontro dos perfis) e, ao observarmos a Figura 3, nota-se que esta deposição é consequência de movimentos de massa, decorrentes da evolução do processo de voçorocamento.



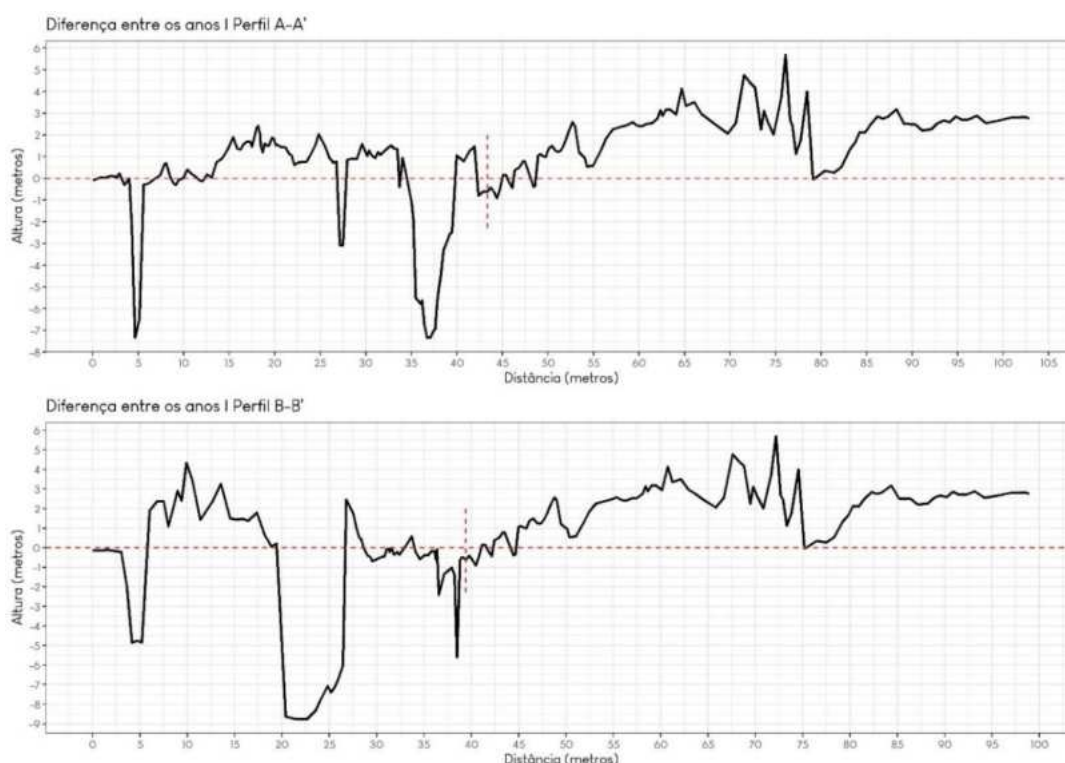
FIGURA 3 - Comparação da mesma zona, em 2020 e 2022. Elaboração própria (2023).

O Gráfico 1 apresenta os valores de altura, ao longo dos perfis longitudinais A-A' e B-B'. Os valores máximos e mínimos representam crescimento e erosão, respectivamente. A linha tracejada representa o ponto de encontro entre os perfis A e B. No gráfico em questão, os valores acima de 0 representam crescimento, enquanto que os valores abaixo de 0 representam erosão. No perfil A-A', a altura máxima foi de aproximadamente 5,69 m, enquanto que o mínimo foi de, aproximadamente, -7,35 m. As áreas de crescimento, ao longo deste perfil, formam 77,8% do total.

O perfil B-B' apresenta um valor máximo de, aproximadamente, 5,69m e um valor mínimo de, aproximadamente, -8,78 m. As áreas de deposição, ao longo deste perfil, representam 67% do total.

Estas observações demonstram que o dígito no qual está localizado o perfil B-B' apresenta uma maior evolução do processo erosivo. Inclusive, se observarmos o traço do talvegue deste perfil, vemos que passa por uma área que foi fortemente impactada. Ou seja, em 2020, aquela área ainda apresentava parte de uma parede da voçoroca, mas que, em 2022, esta parede não está mais presente e, possivelmente, seus sedimentos foram carreados para o interior da voçoroca, podendo, inclusive, terem sido carreados até o leito de um rio, localizado próximo à voçoroca.

No Gráfico 1, é possível observar que, apesar de muitas áreas apresentarem crescimento, em sua grande maioria, não foram crescimentos expressivos. Entretanto, ao observar os valores que representam a erosão, nota-se que, em ambos os perfis, há áreas com resultados expressivos. Esses resultados indicam a clara atividade e o avanço do processo erosivo na área.

GRÁFICO 1 - Gráfico da variação de alturas.

Elaboração própria (2023).

CONCLUSÕES

Esta pesquisa tem como intenção abordar metodologias que auxiliam na compreensão dos processos erosivos por voçorocamento. A evolução tecnológica e a possibilidade de utilização do VANT evidenciam a importância da análise em detalhe, assim como o menor custo atrelado a estes aparelhos.

Os resultados demonstram que a encosta está em um processo de voçorocamento ativo, as evidências deixaram clara esta característica, visto que as áreas mais planas, localizadas na parte inferior da voçoroca, estão passando por um processo de deposição, em decorrência dos processos erosivos, na parte superior da voçoroca.

O gráfico de variação dos perfis A-A' e B-B' indicam que o processo de deposição, apesar de estar em uma área maior, não é tão expressivo quanto ao processo erosivo.

Vale a ressalva que as áreas de deposição, provavelmente, terão os sedimentos carreados nas próximas chuvas. Outra característica importante a se destacar está no crescimento da vegetação, principalmente na parte mais próxima a 'boca' da voçoroca e, nos limites deste processo, está a área mais estável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. A ocorrência de voçorocas em Gouveia, MG: características e processos associados. **Geonomos**, v. 14, n. 2, 2006a.

AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. Piping em área de voçoramento, Noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 1, 2006b, p. 9-18.

GUERRA, A.J.T.; CUNHAS, S.B. (org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2021. p. 93-148

POESEN, J. Soil erosion in the Anthropocene: research needs. *Earth Surf. Process Landforms*, v. 43, p. 64–84, 2018.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. <https://www.r-project.org/>

ROCHA-LEÃO, O.M. **Evolução regressiva da rede de canais por fluxos de água subterrânea em cabeceiras de drenagem**: bases geo-hidroecológicas para recuperação de áreas degradadas com controle de erosão. 2005. Tese (Doutorado), Rio de Janeiro: UFRJ.

TOMINAGA, L.K; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. 196p.

CAPÍTULO 31

APLICAÇÃO DE SONAR DE VARREDURA LATERAL (SVL) PARA MAPEAR E COMPREENDER A EROÇÃO COSTEIRA NO DELTA DO RIO PARAÍBA DO SUL, BRASIL

João Manenga Daniel^{1,2}
João Regis dos Santos Filho³
Mahathma Aguiar Barreto⁴
Beatriz Abreu Machado²
Thais Baptista da Rocha²
Pedro José Fernandes²
Guilherme Borges Fernandez^{1,2}

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF. Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra (DOT). Campus Praia Vermelha. Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº. Gragoatá. Niterói. RJ. CEP: 24210-346.

² Universidade Federal Fluminense - UFF. Laboratório de Geografia Física (LAGEF). Campus Praia Vermelha. Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº. Gragoatá. Niterói. RJ. CEP: 24210-346.

³ Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Faculdade de Oceanografia (FAOC). Departamento de Oceanografia Geológica (DOG). R. São Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20550-013.

⁴ Universidade Federal Fluminense - UFF. Graduação em Geofísica. Campus Praia Vermelha. Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº. Gragoatá. Niterói. RJ. CEP: 24210-346.

RESUMO

O artigo aplica o método acústico, especialmente o Sonar de Varredura Lateral (SVL), para compreender a erosão costeira, na localidade de Atafona, no Delta do Rio Paraíba do Sul. A metodologia inclui aquisição e processamento de dados de SVL, bem como análise quantitativa dos efeitos da erosão. Os resultados identificam feições submarinas de origem antropogênica, marinha e fluvial, e mostram variações temporais na distribuição de sítios de ocupação humana, submersos (SHOS) ao longo das linhas costeiras. A discussão destaca a predominância de sedimentos arenosos na região de estudo.

Palavras-chave: sonar de varredura lateral; erosão costeira; detrito antropogênico.

ABSTRACT

The article applies the acoustic method, especially Side Scan Sonar (SSS), to understand coastal erosion, focusing on the locality of Atafona in the Paraíba do Sul River Delta. The methodology includes acquisition and processing of SSS data, as well as quantitative analysis of erosion effects. The results identify underwater features of anthropogenic, marine, and fluvial origin, and show temporal variations in the distribution of submerged human occupation sites (SHOS) along the coastlines. The discussion highlights the predominance of sandy sediments in the study region.

Keywords: Side Scan Sonar; coastal erosion; anthropogenic debris.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são ambientes dinâmicos e complexos, onde interações contínuas entre processos físicos, químicos, geológicos e biológicos moldam estruturas morfológicas, que variam espacial e temporalmente. A influência humana, exacerbada pela ocupação desordenada e as mudanças climáticas, tem intensificado os impactos nesta região, potencialmente, marcando o início de uma nova era geológica, o Antropoceno. Sítios de ocupação humana submersos (SHOS, sigla inglesa) são testemunhos visíveis dessas interações, modificando a configuração geomorfológica do leito marinho, como observado no Delta do Rio Paraíba do Sul, uma planície costeira quaternária no sudeste do Brasil, afetada severamente pela erosão costeira e pelas intervenções humanas. O

objetivo central deste trabalho foi mapear e identificar os SHOS, ao sul da desembocadura do Rio Paraíba do Sul, ao largo da área fortemente afetada pela erosão costeira no distrito de Atafona. Este mapeamento foi conduzido, com base na aplicação de métodos acústicos.

O Delta do Rio Paraíba do Sul é dominado por ondas, estando localizado na porção nordeste do estado (Figura 1). Faz parte do conjunto de paleocristãs de praias, posicionadas na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, e a norte de sua foz. Apresenta uma área de, aproximadamente, 2.500 km², estendendo-se para o interior do estado até o contato com as rochas do embasamento e os depósitos terciários do Grupo Barreiras.

A sedimentação do Delta do Rio Paraíba do Sul está em torno da planície costeira, constituída por um empilhamento de feixes de cordões litorâneos, de origem marinha, a sul da desembocadura do rio Paraíba do Sul ou a origem fluvial e marinha, a norte da desembocadura.

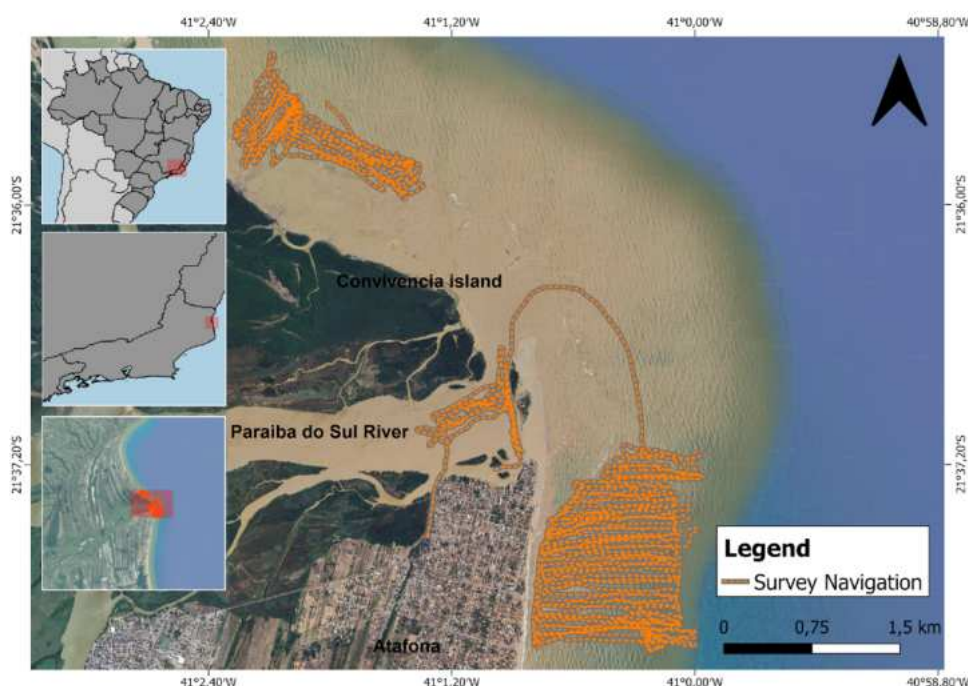


FIGURA 1 - Área de estudo, Delta do Rio Paraíba do Sul e disposição das linhas de navegação, durante o levantamento com o Sonar. Elaboração própria.

METODOLOGIA

Aquisição dos dados de Sonar de Varredura Lateral

O levantamento de SVL foi realizado no segundo semestre do ano de 2023, utilizando procedimentos de coleta de dados para as condições de águas rasas (Waters *et al.*, 2016). As linhas de navegação foram de forma a se obter 100% de cobertura do fundo, com abertura de feixes de até 100 m, cobrindo uma área de 42,2 km². A Figura 2 (A e B) ilustra o equipamento de aquisição de dados e a mesa de instalação.



FIGURA 2 - A) Side Scan Sonar, Starfish 452F Pro (esq.) B) mesa montada para recepção dos dados (dir.).
Acervo dos autores.

A velocidade média de navegação foi de 4/5 nós. O sistema de posicionamento empregado foi o DGPS Hemisphere, modelo R130, com correção diferencial. O SVL foi o modelo StarFish 452F Pro.

O equipamento operou com uma frequência acústica de 410 KHz e uma escala lateral de até 200 metros, resultando em um alcance aproximado de 100 metros (para cada lado), durante o levantamento. O sonar foi posicionado na popa da embarcação e ficou submerso aproximadamente a 1,5 metros, em relação à superfície da água. Esta profundidade foi estimada para evitar interferências do casco do barco.

Processamento de dado Sonar de Varredura Lateral

Os dados foram padronizados para o sistema de referência WGS-84 e projeção UTM (Zona 24S). Em seguida, foram importados, realizando-se o *bottom track*, a partir do filtro *Beam Angle Correction* (BAC). O *Automatic Gain Control* (AGC) também foi utilizado.

Para a visualização e interpretação dos dados sonográficos, utilizou-se o *software* SonarWiz 7.09.01. Além dos filtros que foram mencionados anteriormente, aplicaram-se também os ajustes de brilho, escalas verticais e horizontais, bem como uma paleta de cores adequada. Após a identificação de todos os alvos desejados, exportou-se o mosaico, em arquivos GeoTIFF. Para o geoprocessamento dos dados, empregamos o sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS 10.8. A Figura 3 mostra duas imagens sonográficas, antes e após o pós processamento.

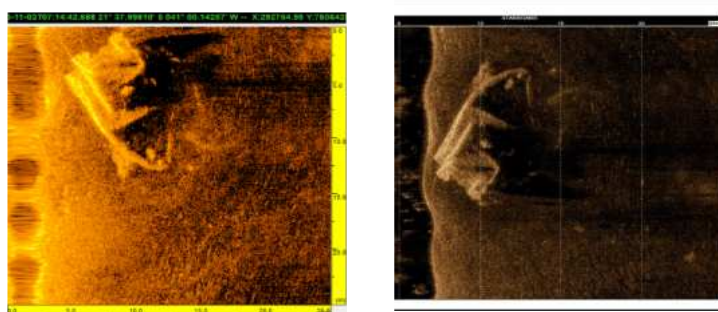


FIGURA 3 - A) antes do processamento de imagem. B) depois do processamento e aplicação de filtros. Imagens capturadas do *software*.

Análise quantitativa dos efeitos da erosão

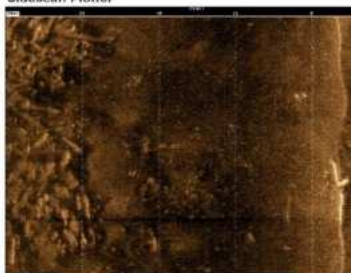
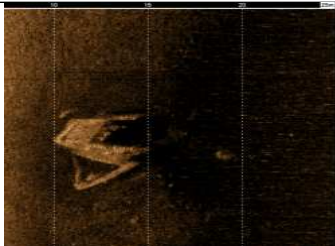
Com o objetivo de buscar uma relação entre a ocupação costeira e os SHOS atuais, fez-se o mapeamento das construções, entre 1954 e 2023. Para tanto, foram utilizadas fotografias aéreas do DRM (1954, 1976), ortofoto do IBGE (2005) e uma imagem Planet Labs 2023. No *software* eCognition Developer 10.2 foi realizada a segmentação das construções presentes nas imagens usando a configuração para o período de: (i) 1954 e 1976 - escala 20, formato 04 e *compactness* 05; e (ii) 2005 e 2023 - escala 30, formato 04 e *compactness* 05. A atribuição de classes foi realizada manualmente pelo ArcGIS 10.8.

RESULTADOS

Classificação das feições submersas

Os resultados obtidos de sonogramas serviram tanto para identificar as formas de fundo, causadas pela ação natural, como aquelas produzidas pelas intervenções antrópicas. Os produtos foram separados em três padrões distintos: de origem antrópica, influência marinha (ou retrabalhamento das ondas) e influência fluvial. As estruturas antrópicas, dispostas por toda área mapeada, são facilmente identificadas pelo distinto padrão de refletividade, em relação ao meio natural.

TABELA 1 - Feições obtidas pelo sonar, associadas à origem antrópica.

Origem Antropogênica	Descrição
	Detritos nas proximidades de Atafona, provavelmente, oriundo de destruição de construções, provocado pela ação marítima, ou seja, erosão costeira.
	Traineira, com 7,6 m de comprimento e 5,7 m de largura. Observa-se que, devido ao baixo ângulo de incidência das extremidades da faixa de varredura e a geometria, somente a face lateral da mesma foi retroespalhada com a intensidade de sinal que caracteriza a embarcação.

Elaboração própria.

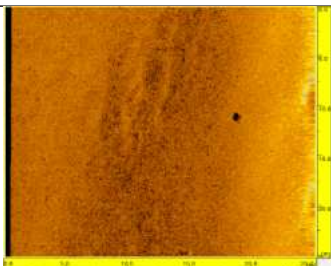
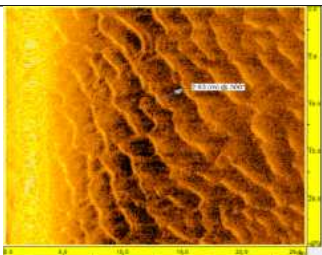
Nas Tabelas 2 e 3, a seguir, são observados dois padrões acústicos relacionados a ambientes (marinhos e fluvial), que, geralmente, ocorrem nos setores adjacentes ao largo de Atafona e ao norte da foz, onde há uma intensa interação com o fluxo hidrodinâmico e sedimentos inconsolidados. Esta relação favorece a ocorrência de feições de fundo, tais como: *sand ripples* e *sand waves*. Em sedimentos sob influência marinha, foi verificado um alto coeficiente de reflexão, o que deve-se ao predomínio de sedimentos finos e com elevada coesão (areia fina), isso, na porção norte da desembocadura, que apresenta tendência de compactação dos sedimentos. Do outro lado, foi observado um padrão acústico com alto coeficiente de reflexão do sinal. Em fundo associado à influência fluvial, é típico o fundo arenoso, similar ao encontrado em ambientes sob influência marinha, dominados por *sand waves* e *ripple marks* (marcas onduladas). As feições de pequena escala, tais como *sand ripples*, formam-se principalmente em profundidades rasas.

TABELA 2 - Feições obtidas pelo sonar, associadas a retalhamento das ondas.

Padrão marinho	Sedimentos marinhos	Descrição
	Silte/areia fina (Vasconcelos, 2010; Jorge, 2021)	Fundo relativamente plano, associado a um contraste de impedância acústica maior que o lama devido a compactação.
	Areia fina (Vasconcelos, 2010; Jorge, 2021)	Fundo com baixo contraste de impedância acústica, apresentando uma transparência acústica.

Elaboração própria.

TABELA 3 - Feições obtidas pelo sonar, associadas à influência fluvial.

Padrão Fluvial	Sedimentos Fluviais	Descrição
	Areia fina/média (Murillo, Fernandez, 2009; Vasconcelo, 2010).	Fundo com alto teor a moderado contraste de impedância acústica, associado ao rio Paraíba do Sul, presença de banco de areia no setor inferior do deslize.
	Areia média/grossa (Vasconcelo, 2010; Savergnini, 2013)	Elevado coeficiente de reflexão acústica fundo composto por sand waves (Ondas de areia).

Elaboração própria.

Temporalidade entre a evolução costeira e a formação dos SHOS

A distribuição dos SHOS mostra uma tendência de densidade, em função dos anos. A variação da linha de costa, entre 1954 e 1976, apresentou uma ligeira predominância dos detritos, desde o sul da localidade de Atafona, verificando-se um aumento significativo mais para o norte, como mostra a Figura 4. Por outro lado, de 1976 a 2005, verificou-se maior concentração de detritos, período esse, marcado pelo pico do processo de erosão costeira.

Apesar da dimensão espacial do fenômeno de erosão costeira estar restrito à localidade de Atafona, os efeitos dessa erosão na região têm causado impactos significativos em edificações e estruturas urbanas, totalizando área de 56592,91144 m² (entre 1954 e 2023). Vasconcelos *et al.* (2021) e Machado (2024) identificaram as áreas em que ocorrem erosão e progradação, porém, não classificaram comparativamente o comportamento da linha de costa e os efeitos diretos sobre as edificações.

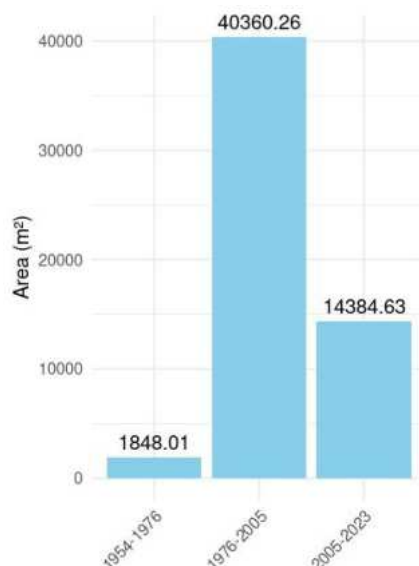


FIGURA 4 - Mapa dos detritos, em função das linhas de costa, e estimativas de áreas perdidas, em anos. Elaboração própria.

CONCLUSÃO

A aplicação de SVL revela uma ferramenta bastante útil na investigação da dinâmica costeira e da morfologia submarina, especialmente na localidade de Atafona, no Delta do Rio Paraíba do Sul. Os achados sugerem que os SHOS seguiram a tendência predominante do transporte de sedimentos, em direção ao norte, sendo classificados gradualmente por ondas e correntes. Tamanhos menores de detritos foram depositados progressivamente mais distantes da costa. Foram identificados três principais campos de detritos, com a maior concentração de características localizada entre as linhas costeiras de 1976 e 2005. De forma geral, os detritos submarinos encontrados na área representam um bom exemplo de paisagem marinha do Antropoceno. Portanto, é essencial continuar investindo em pesquisas e tecnologias, que nos permitam monitorar e compreender melhor a dinâmica costeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES NETO, A.; FALCÃO, L.C.; AMARAL, P.J.T. Caracterização de ecofácies na margem continental Norte – estado do conhecimento. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 27, p. 97, 2009.
- BASTOS, A.C. **Análise morfodinâmica e caracterização dos processos erosivos ao longo do litoral norte fluminense, entre Cabiúnas e Atafona**. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1997. 133p.
- HEAD, M.J. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions. *Quaternary International*. v. 4, p. 17, 2019.

- LOBO, F.J. *et al.* Influence of estuarine morphology on bedload sediment transport patterns: an example from the Guadiana estuary(SE Portugal). **Associação Portuguesa de Geomorfólogos**, v. 1, p. 87-98, 2002.
- MACAHADO, B.A. *et al.* Shoreline dynamics on the southern zone in the Paraíba do Sul River delta between 1954-2018: consideration about coastal erosion in Atafona and different analysis methods. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 25, n. 1, 2024.
- MARENGO, J.A.; ALAVES, L.M. Tendências Hidrológicas Da Bacia Do Rio Paraíba Do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, 2005.
- MARTINS, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de "deltas"brasileiras. **Boletim da USP**, Publicação Especial, Brasil, v. 15, p. 1-186, 1993.
- ROCHA, T.B. *et al.* Interação entre praia e duna frontal no delta do rio Paraíba do Sul (RJ) a partir de uma década de monitoramento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.2, 2018.
- RUDDIMAN, W. Geographic evidence of the early anthropogenic hypothesis. **Anthropocene**, v.20, p. 4-14, 2017.
- TAROLLI, P.; PRETI, F.; ROMANO, N. Terraced landscapes: from an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment. **Anthropocene**, v.6, 2014.
- VASCONCELOS, S.C.D. *et al.* Origin and morphodynamics of sandy barriers in the Northern Flank of the Paraíba do Sul river delta. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 3, 2016.
- WATERS *et al.* The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. **Science**, v. 351, n. 6269, jan. 2016.

CAPÍTULO 32

MAPEAMENTO COM ARPs: INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE PONTOS DE CONTROLE NA QUALIDADE GEOESPACIAL DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

David Santos Rodrigues¹

Niel Renan Nielsen Nascimento²

Jorge Felipe Euriques²

1. Geoscan Geologia e Geofísica. Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. Av. Raja Gabaglia, 2000. Cidade Jardim. Belo Horizonte. MG. david_agrimensu@ufrj.br.

2. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23890-000. niel@ufrj.br; jorge.euriques@ufrj.br.

RESUMO

Na última década, as aeronaves remotamente pilotadas (ARP) se popularizaram e, atualmente, se destacam na aquisição de dados espaciais, por meio da fotogrametria. A qualidade posicional dos produtos cartográficos gerados depende de diversos fatores, como os equipamentos, os métodos, a configuração de voo e as características da área, a ser representada. Um fator crítico, neste âmbito, refere-se ao número de pontos de controle (PC) empregados no processamento das imagens obtidas com ARP. Neste estudo, avaliou-se a influência no número de PC, na qualidade posicional de produtos cartográficos, derivados de cinco processamentos, mediante variação no número de PC (20, 15, 10, 5 e 0), utilizando o *software* Agisoft Metashape. O aerolevanteamento foi realizado em uma área plana, com pouca variação de relevo. Com base em nove pontos de verificação, efetuou-se o cálculo das discrepâncias planimétricas (ortomosaico) e altimétricas (modelo digital de superfície). Para os processamentos com PC, foram obtidas discrepâncias médias, planimétrica e altimétrica, melhores que 0,16 m e 0,023 m. Ao passo que, para o processamento sem PC, esses valores foram de 7,1 m e 15,56 m, respectivamente. Ademais, foi realizada a avaliação do padrão de exatidão cartográfica (PEC) e todos os processamentos com PC foram classificados na Classe A, para a escala 1:1500 ou melhor. Estes resultados evidenciam a importância em se utilizar PC. Apesar disto, não houve diferença significativa entre os processamentos que utilizaram PC.

Palavras-chave: aerofotogrametria; qualidade posicional; drone; PEC-PCD.

ABSTRACT

In the last decade, Remotely Piloted Aircraft (RPAs) have become popular and currently excel in spatial data acquisition through Photogrammetry. The positional quality of generated cartographic products depends on various factors such as equipment, flight configuration, methods, and area characteristics. A critical factor in this regard relates to the number of Ground Control Points (GCPs) used in processing images obtained with RPAs. This study evaluated the influence of the number of GCPs on the positional quality of cartographic products derived from five processing scenarios by varying the number of GCPs (20, 15, 10, 5, and 0), using Agisoft Metashape software. Aerial surveying was conducted in a flat area with minimal relief variation. Based on nine checkpoints, planimetric discrepancies (orthomosaic) and altimetric discrepancies (digital surface model) were calculated. For processing with GCPs, planimetric and altimetric discrepancies better than 0.16 m and 0.023 m were obtained, respectively. In contrast, for processing without GCPs, these values were 7.1 m and 15.56 m, respectively. Additionally, an evaluation of the Cartographic Accuracy Standard was conducted, in which all GCP-utilizing processes were classified as Class A for a scale of 1:1500 or better. These results underscore the importance of using GCPs. Nevertheless, there was no significant difference between processes that used GCPs.

Keywords: aerophotogrammetry; positional quality; drone; PEC-PCD.

INTRODUÇÃO

O avanço contínuo da tecnologia tem impulsionado o desenvolvimento de novas abordagens para a aquisição, gestão, exploração e disseminação de dados geográficos, resultando em mudanças significativas no modo de atuação nessa área. Assim, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), conhecidas popularmente como drones ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), ganharam espaço frente aos levantamentos realizados por aerofotogrametria clássica, que utiliza aeronaves tripuladas, devido à sua ampla acessibilidade e significativa redução de custos.

Nas modelagens fotogramétricas, utilizadas para a construção de produtos cartográficos, como os ortomosaicos e os modelos digitais, deve-se considerar que a qualidade posicional, em termos de precisão e acurácia desses produtos, depende de diversos fatores, como os equipamentos, os métodos, as configurações de voo e as características da área a ser representada. Neste contexto, é fundamental considerar a utilização, precisão e geometria dos pontos de apoio empregados na modelagem. Os pontos de apoio se subdividem em pontos de controle, usados na modelagem, e pontos de verificação, usados na avaliação e na determinação da exatidão do produto gerado (Euriques *et al.*, 2022). Estes pontos são fotointerpretabilidade, ou seja, são alvos no terreno, que podem ser reconhecidos nas imagens aéreas, resultantes de um aerolevantamento. Eles são utilizados para fazer a relação entre o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno, por meio de prévio levantamento topográfico ou geodésico.

Em uma abordagem da fotogrametria clássica, os pontos de controle (PC) são utilizados para o estabelecimento dos parâmetros de orientação exterior (POE), por meio de uma modelagem matemática, dita ressecção espacial. Os POE se referem à geometria de tomada da imagem, em termos da posição do centro de perspectiva (X_0, Y_0, Z_0) e atitude da plataforma (ω, ϕ, κ), de cada imagem de um aerolevantamento. (Andrade, 1998). Atualmente, devido à integração de sistemas de posicionamento por satélites (GNSS) e dos sensores inerciais em RPA, a determinação dos POE é obtida diretamente por esses sensores, por meio do georreferenciamento direto. Esta integração possibilitou reduzir significativamente o número de pontos de controle, porém, eles permanecem sendo necessários, uma vez que são utilizados para refinar os POE estabelecidos pelo georreferenciamento direto, validar e aprimorar a modelagem fotogramétrica.

Dessa forma, para diferentes técnicas fotogramétricas de determinação de coordenadas, em um referencial específico, são necessárias diferentes quantidades de pontos de controle. Teoricamente, é natural esperar que, quanto maior o número de pontos de controle, melhor a qualidade do produto. Contudo, deve-se considerar que a obtenção destes pontos acarreta custos e, diante disso, não existe consenso na literatura, sobre o número ideal de pontos de controle, uma vez que muitas variáveis influenciam estas determinações (Zanetti, 2017).

METODOLOGIA

A metodologia proposta para o trabalho consistiu em efetuar cinco processamentos, de um mesmo aerolevantamento, efetuado por tecnologia ARP, mediante diferentes números de PC, de forma a avaliar a influência na qualidade posicional dos produtos cartográficos gerados. Na Figura 1, o fluxograma da metodologia é apresentado. Nota-se que a metodologia está dividida em quatro principais etapas: planejamento, levantamento fotogramétrico, processamentos e avaliação dos produtos.

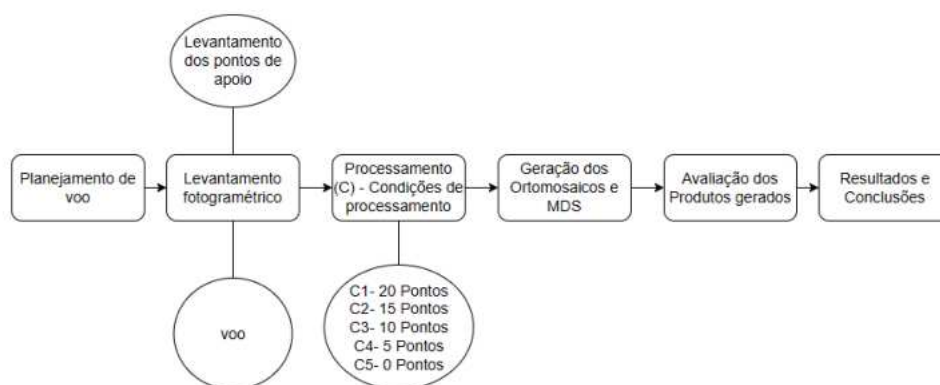


FIGURA 1 - Fluxograma de Trabalho. Elaboração própria.

A etapa de planejamento iniciou com a definição da área de estudo. No intuito de minimizar a interferência do relevo na avaliação do *software*, buscou-se uma área considerada plana e horizontal. Utilizou-se o Complexo Esportivo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ), *campus* Seropédica (RJ) (Figura 2).

Para a análise inicial, utilizou-se o *Google Earth* para realizar o reconhecimento de campo da área para estimar a posição e distribuição dos pontos de apoio, a serem distribuídos pela área de interesse, da forma mais homogênea possível. Na Figura 2, pode-se visualizar a área de estudo, assim como a disposição dos pontos de apoio; sendo os pontos de controle representados por triângulos amarelos e os pontos de verificação com círculos vermelhos. No total, 20 pontos foram definidos como pontos de controle e 9 pontos foram escolhidos para serem pontos de verificação.

Realizado o reconhecimento inicial da área, foram definidas as configurações de voo para a obtenção das imagens: a altura de voo, os fatores de sobreposição, longitudinal e lateral; e a confecção do plano de voo efetuado no *software* Drone Deploy.

Para realizar o levantamento fotogramétrico, efetuou-se o levantamento geodésico para determinação das coordenadas geodésicas tridimensionais dos pontos de apoio. Para isso, foi utilizado o receptor GNSS - Topcon Hiper VR, no método de posicionamento cinemático, em tempo real (*RTK – Real Time Kinematic*). Estes pontos foram sinalizados em campo, por meio de marcações com tinta branca para aumentar o contraste e melhorar a identificação nas imagens.

A partir disso, realizou-se o voo com a ARP, visando à coleta das imagens. A ARP empregada foi a de modelo DJI Mavic 2 Pro, com uma câmera de 20MP, fornecendo imagens com resolução de 5472 x 3648 pixels. O sistema de posicionamento desta aeronave é um equipamento GNSS que opera no modo de posicionamento por satélites, absoluto ou por ponto (PP). Isso indica que as coordenadas são obtidas instantaneamente, sem que haja refinamento e otimização das soluções. Este é o caso da grande maioria das ARP atualmente disponíveis.

O voo foi realizado, de acordo com o planejamento de voo previamente definido, tendo-se como configurações: sobreposição longitudinal e lateral de 80%; velocidade de voo da ARP de 5m/s; e altura de voo de 80 m. Nestas configurações, obteve-se como parâmetros previstos: doze faixas de voo; total de 195 imagens no bloco fotogramétrico; tempo de voo de aproximadamente 13 minutos; e a resolução espacial das imagens de 1,98 cm, correspondente ao GSD - *Ground Sample Distance*, ou seja, a projeção de um pixel da imagem no terreno.



FIGURA 2 - Área de estudo e distribuição dos pontos de apoio.

Fonte: adaptada de Rodrigues (2023).

Os processamentos das imagens do aerolevantamento foram realizados com auxílio do *software* Metashape da empresa Agisoft. Foram realizados cinco processamentos (C1 a C5), cada qual com um número de pontos de controle. Iniciou-se com vinte pontos de controle no primeiro processamento (C1). Posteriormente, reduziu-se cinco pontos de controle a cada processamento, chegando na quinta configuração de pontos de controle (C5), no qual, nenhum ponto de controle foi usado. Ao final, deste processo, foram gerados dois produtos por processamento: um ortomosaico, a partir do qual, foram realizadas as avaliações planimétricas; e um MDS para a avaliação altimétrica. Portanto, no total, obteve-se cinco ortomosaicos e cinco MDS.

Para a realização dos processamentos, foi necessário estabelecer a disposição dos pontos de controle para cada processamento, de forma que ficassem bem distribuídos, em cada configuração (C1 a C5). Desta forma, a configuração dos pontos, em cada processamento, foi:

- C1 – 20 pontos de controle (Pontos: 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 29 e 30);
- C2 – 15 pontos de controle (Pontos: 3, 5, 7, 8, 10, 13, 16, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, e 30);
- C3 – 10 pontos de controle (Pontos: 3, 7, 8, 10, 13, 16, 19, 20, 24 e 28);
- C4 – 5 pontos de controle (Pontos: 7, 10, 16, 20 e 24);
- C5 – Sem pontos de controle.

Na Figura 3, a distribuição dos pontos de controle, nas configurações C1 a C4, é apresentada. Como o processamento C5 não possui pontos de controle associados, ele não está representado.

A interface do Metashape nos processamentos conta com um fluxo de trabalho (*workflow*), determinado e estabelecido, caracterizando etapas necessárias para a geração de cada produto fotogramétrico. Na Figura 4, pode-se observar o fluxo de trabalho no *software* Metashape.

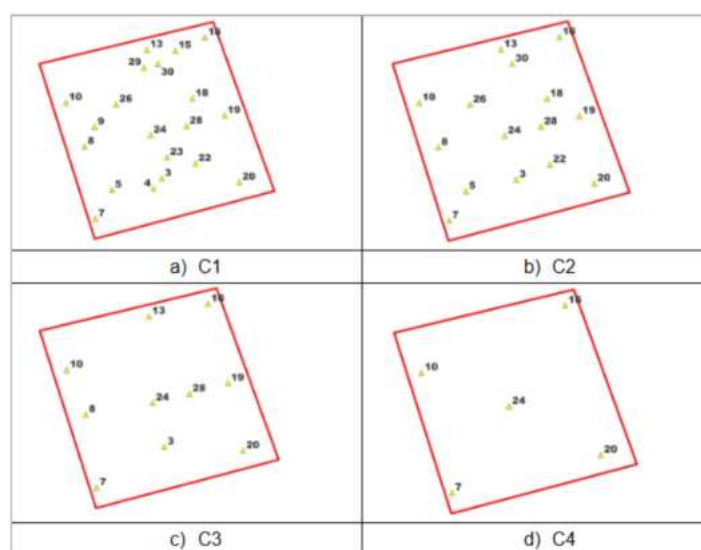


FIGURA 3 – Distribuição dos pontos de controle nos processamentos C1 a C4.

Fonte: adaptada de Rodrigues (2023).

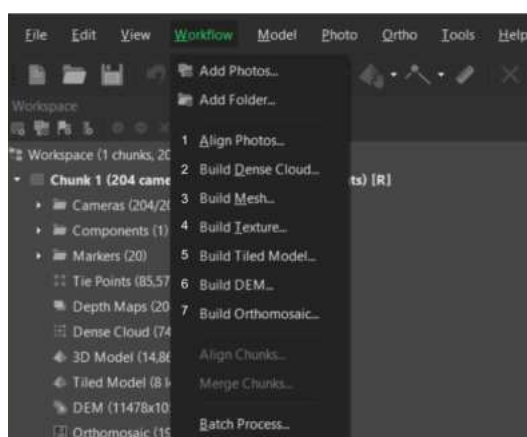


FIGURA 4 - Fluxo de Trabalho. Fonte: adaptada de Metashape.

Nesse fluxo de trabalho, estão dispostas todas as etapas do processamento de imagens, desde a inserção das fotos (dados de entrada) até a confecção do ortomosaico. Na etapa 1 (*Align Photos*), é realizado o alinhamento das imagens. Na etapa 2 (*Build Dense Cloud*), é realizada a densificação da nuvem de pontos, aumentando a quantidade de pontos, a fim de melhor definir as feições. Na etapa 3 (*Build Mesh*), é efetuada a construção do modelo tridimensional, a partir da nuvem densa. Na etapa 4 (*Build Texture*), aplica-se uma textura no modelo 3D gerado, com o intuito de melhorar o aspecto visual do modelo (essa etapa não é obrigatória). A etapa 5 (*Build Tiled Model*), responsável pela criação de um modelo texturizado, com maior nível de definição e de detalhamento. Na etapa 6 (*Build DEM*), gera-se o modelo digital de elevação, representado em formato *raster* do MDS. E, por fim, na etapa 7 (*Build Orthomosaic*), gera-se o ortomosaico. Com isso, seguiu-se o passo a passo desse fluxo, criando um padrão entre os processamentos. Como padrão para todas as etapas, foi adotado um nível de qualidade no processamento *high* (alta). A avaliação dos resultados foi feita com análises estatísticas, sendo definidas as discrepâncias planimétricas e altimétricas. Estas discrepâncias foram calculadas mediante a diferença entre as coordenadas dos pontos de verificação, determinadas em campo, por GNSS-RTK (referência), e as coordenadas dos pontos correspondentes nos produtos gerados. Em todos os processamentos, foram utilizados os mesmos nove pontos de verificação na etapa de avaliação, sendo estes os pontos com nomenclatura 1, 2, 6, 12, 14, 17, 25, 27 e 31.

Para realizar a avaliação posicional dos produtos cartográficos gerados, utilizou-se o QGIS para a extração das coordenadas planimétricas, obtidas nos ortomosaicos, e coordenadas altimétricas, obtidas nos MDS. As coordenadas planimétricas foram coordenadas projetadas no sistema UTM, portanto, em duas componentes, Norte e Leste. A componente altimétrica refere-se a altitude elipsoidal do sistema WGS-84. De posse do conjunto de coordenadas, foi possível empregar o *software* GeoPEC para efetuar o cálculo das discrepâncias e a avaliação do padrão de exatidão cartográfica para produtos cartográficos digitais (PEC-PCD) dos produtos, além da análise de tendências, para garantir que os produtos não estivessem influenciados por erros sistemáticos significativos.

RESULTADOS

As discrepâncias, obtidas nos pontos de verificação para os processamentos com pontos de controle (C1 a C4), em termos das componentes planimétricas Norte (azul) e Leste (vermelho), bem como altimétricas (cinza), são apresentadas na Figura 5. Pode-se observar certa regularidade nas discrepâncias obtidas nos processamentos, tendo-se, como discrepância planimétrica média, 15-16 cm, entre os processamentos.

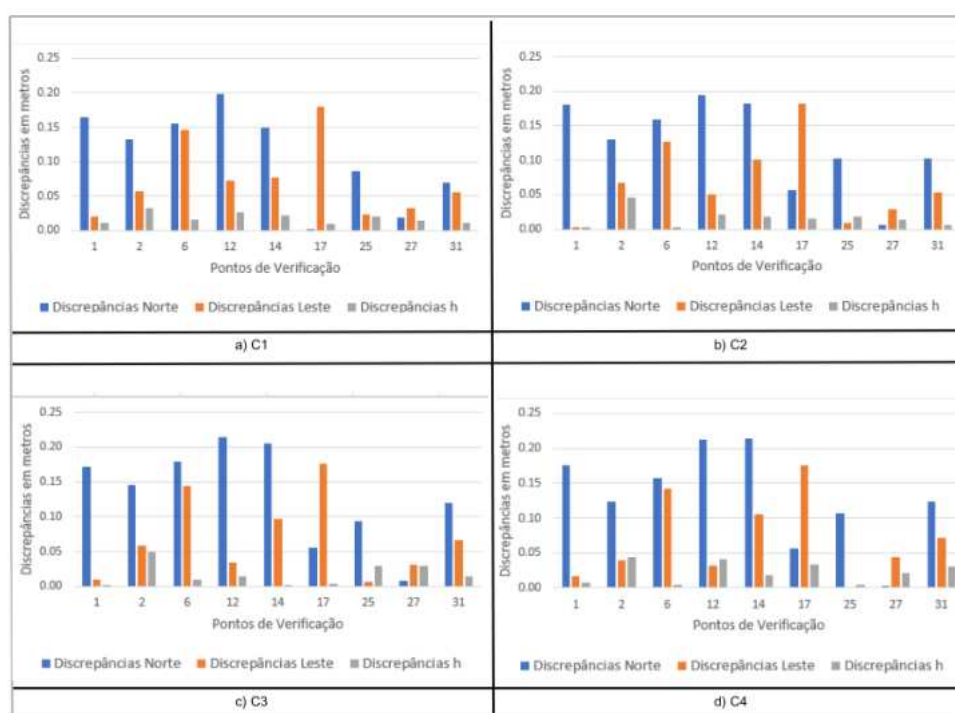


FIGURA 5 – Gráfico das discrepâncias dos pontos de verificação. Fonte: adaptado de Rodrigues (2023).

Quanto à classificação do GeoPEC, os produtos gerados pelos processamentos C1 a C4 não apresentaram tendência para planimetria e altimetria. Para a altimetria, foi considerada uma equidistância entre as curvas de nível de 1 m, para todos os processamentos com pontos de controle. Suas classificações no PEC-PCD, para a escala de 1:1500, utilizada na plotagem dos produtos cartográficos, estão na Classe A, tanto para a planimetria quanto para a altimetria. Além da escala de plotagem de 1:1500, também foi avaliada a escala de 1:1000, em todos os processamentos com pontos de controle. Nos processamentos C1 e C2 os resultados se mantiveram na Classe A, na escala de 1:1000; já nos processamentos C3 e C4, a altimetria permaneceu na Classe A; enquanto a planimetria, Classe B.

No processamento C5, sem pontos de controle, a discrepância entre as coordenadas dos pontos de verificação obtiveram grandeza de ordem métrica. Como pode ser observado na Figura 6, tendo discrepância planimétrica média de 7,1 m e altimétrica de 15,56 m.

De acordo com classificação do GeoPEC, os dados do processamento C5 apresentaram tendência na planimetria e altimetria. Sua classificação no PEC-PCD, para a escala de 1:1500, utilizada na plotagem dos produtos cartográficos, está sem classe, tanto para a planimetria quanto para a altimetria, devido aos elevados valores.

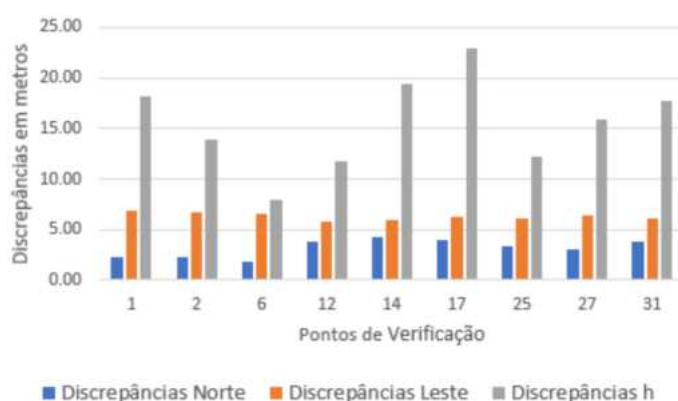


FIGURA 6 – Gráfico das discrepâncias dos pontos de verificação em C5. Fonte: Rodrigues (2023).

A análise dos processamentos, de forma geral, demonstrou que, para o ponto 27, foram obtidos os melhores resultados, ou seja, mais precisos e acurados, tanto na planimetria, quanto na altimetria. De acordo com a geometria dos pontos de verificação, este ponto está disposto no centro da área, o que demonstra que regiões centrais da área sofrem menor distorção, ocasionando menor variação das discrepâncias. Por esse motivo, é recomendado sempre realizar o voo, abrangendo uma área maior que a de interesse, pois, devido aos processos de interpolação aplicados nos processamentos, as regiões que compreendem as bordas são as mais afetadas.

CONCLUSÕES

Ao analisar as discrepâncias de todos os processamentos, separando-os em planimetria e altimetria, pode-se observar que a comparação dos processamentos C1 e C4, com 20 e 5 pontos de controle, respectivamente, mostra que não há diferença significativa entre a precisão dos resultados obtidos, indicando que o aumento em 15 pontos de controle, entre os dois processamentos, não foi significativo. Cabe ressaltar que a área de levantamento tem cerca de 5,5 ha e baixa declividade, o que pode ter contribuído para que o aumento de pontos de controle não tivesse efeito significativo no processamento.

Por outro lado, existe uma grande variação nos resultados, entre os processamentos realizados com pontos de controle e o processamento C5, sem pontos de controle. Comparando-se as discrepâncias médias entre o processamento C4 (com 5 PC) e o processamento C5 (sem PC), verifica-se um aprimoramento de 97% com apenas 5 pontos de controle em relação ao processamento sem pontos de controle. Este resultado enfatiza a importância de se utilizar pontos de controle nos processamentos. Além disso, destaca-se que os pontos de verificação, ou seja, de pontos que não foram usados na modelagem, também são fundamentais para uma avaliação concisa da exatidão cartográfica do produto gerado.

Destaca-se que novos estudos como este devem ser efetuados, a fim de considerar o número mínimo de pontos de controle para manter os resultados obtidos com 5 pontos. Além disso, avaliar novos sistemas de posicionamento das ARP, como RTK e PPK (*Post Processing Kinematic*), visto que, com aprimoramento da precisão no georreferenciamento direto, o número mínimo de pontos pode ser ainda menor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.B. **Fotogrametria**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. 163p.

EURIQUES, J.F.; MITISHITA, E.A.; RAZOTO, V.G; KRUEGER, C.P.; VEIGA, L.A.K. Extração de informações cartográficas planialtimétricas pela transformação linear direta com emprego de imagem obtida por aeronave remotamente pilotada. **Revista de Geociência do Nordeste**, v. 8, p. 199-216, jun. 2022.

RODRIGUES, D.S. **Avaliação do desempenho de software livre no processamento de aerolevanteamento fotogramétrico realizado com ARP**. 2023. 115f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023.

ZANETTI, J. **Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT**. 2017. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

CAPÍTULO 33

USO DE DADOS OBTIDOS POR *DRONES* NAS GEOCIÊNCIAS: UM ESTUDO DE CASO NA GEOTECNIA E GEOFÍSICA

Fabio Carlos Cavalcante de Aguiar¹

Gabriel Nogueira²

Rodrigo Ferreira França³

Suze Nei Pereira Guimarães^{1,*}

Elisabete do Nascimento Rocha⁴

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Petrologia e Geotectônica. Rua UR. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23890-000. fabioaguiar@ufrj.br; suzeguimaraes@ufrj.br.

2. Observatório Nacional. Departamento de Geofísica. Rua Gen. José Cristino, 77. São Cristóvão. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 20921-400. gabrielnogueira@on.br.

3. Fundação Geotécnica do Rio de Janeiro - Geo-Rio. Rua Campo de São Cristóvão, 221. São Cristóvão. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 20921-440. franca.rodrigof@gmail.com.

4. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. Seropédica. RJ. Brasil. CEP: 23890-000. elisabeterocha@ufrj.br.

RESUMO

Neste projeto é feito um estudo comparativo com dados geocientíficos adquiridos por drones na área de geotecnia e na geofísica. A geotecnia se ateve a um estudo da encosta localizada no Morro do Vidigal, Rio de Janeiro, que é susceptível a deslizamentos de terra. Por meio de aerofotogrametria adquirida pode se construir uma dimensionalidade, mapeando áreas suscetíveis a deslizamentos de terra e a construção de um perfil topográfico detalhado (cotas 280-320m) de uma área com alta declividade, inviável a levantamentos terrestres. A geofísica, caracterizada aqui com a aplicação da aeromagnetometria, procurou detalhar uma região com anomalias magnéticas geradas por corpos ultramáficos na região oeste de Minas Gerais. Esses corpos mapeados em subsuperfície apresentou disposição espacial quase circulares e com alta magnetização (300nT). Dados com alta resolução, como os adquiridos por *drone*, tem se mostrado altamente vantajosos nos estudos das Geociências promovendo uma viabilidade na aquisição de dados em locais de difícil acesso e economia de tempo de processamento.

Palavras-chave: drone; geociências; magnetometria; topografia; geoprocessamento.

ABSTRACT

In this project, a comparative study is carried out with geoscientific data acquired by drone in the geotechnics and geophysics. Geotechnics focused on a study of the slope located in Vidigal Hill, Rio de Janeiro, where, through acquired aerophotogrammetry, a dimensionality of the terrain that occurs with landslides and the construction of a topographic profile (280-320m) of a steeper area can be constructed, unfeasible for terrestrial surveys. Geophysics, characterized here with the application of aeromagnetometry, sought to detail a region with magnetic anomalies generated by ultramafic bodies in the western of Minas Gerais. These bodies mapped in the subsurface presented an almost circular spatial arrangement and with high magnetization (300nT). High-resolution data, such as those acquired by drone, has proven to be highly advantageous in Geoscience studies, promoting viability in data acquisition in difficult-to-access locations and saving processing time.

Keywords: drone, geoscience, magnetometry, topography, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Os *drones* são veículos aéreos não tripulados (VANT). Devido à redução de seu tamanho e peso, permitem a incorporação de sistema de localização precisa (GPS) e sistema inercial, preparado para navegação autônoma. Nos últimos anos, o acesso a esse tipo de tecnologia tem sido facilitado pelo avanço da engenharia geoespacial e beneficiado grande parte das ciências experimentais, com o uso de dados adquiridos de resoluções detalhadas dos alvos (Thomson *et al.*, 2007; Watts *et al.*, 2021).

Essas tecnologias, baseadas em sensores de alta resolução, têm reduzido custos e tempo de processamento dos dados, aumentando a capacidade de produção de dados de forma rápida e efetiva (Remondino *et al.*, 2011; Carrivick *et al.*, 2013; Hernandez-Lopez *et al.*, 2013), além de facilitar a aquisição em regiões remotas e de difícil acesso (Van Blyenburgh, 1999). Essas são algumas razões que têm alavancado seu uso nas geociências.

Dados geocientíficos, obtidos por meio de levantamentos com *drones*, abrangem as mais diversas áreas das geociências, dentre as quais, destacam-se a geofísica, geotecnia, geodésia, topografia, paleontologia, geomorfologia, oceanografia, entre outras.

Uma das aplicações mais comuns, em geotecnia, são os levantamentos topográficos, em zonas de difícil acesso, para a construção de modelo digital do terreno e a gestão de riscos e desastres (Watts *et al.*, 2012; Piatti; Lerma, 2013; Lucieer *et al.*, 2014; Turner *et al.*, 2016).

O uso de dados coletados por *drones*, a respeito do meio ambiente, demonstra que estes aparatos podem garantir sua proteção, até mesmo, em relação à contaminação (Pellicer; Serón, 2002), com uso na exploração geológica mineral, para uma pesquisa de alta resolução, sem agredir ou modificar diretamente o ambiente (Ramos; Montesinos, 2015; Seo *et al.*, 2018; Rakha; Gorodetsky, 2018)

Neste trabalho, apresentamos resultados de levantamento de dados, adquiridos por *drones*, em duas áreas das geociências: a geofísica e a geotecnia. No primeiro caso, utilizamos dados de magnetometria aérea para mapeamento em detalhe de uma fonte exploratória (kimberlito), na região oeste do estado de Minas Gerais. No segundo caso, apresentamos um conjunto de imageamento e estudo topográfico para uma modelagem 3D de uma encosta, na cidade do Rio de Janeiro, mais especificamente, na região do Vidigal.

METODOLOGIA

Cartografia e Topografia

Na área de geotecnia, dentre as diferentes aplicações, os *drones* são utilizados para controle de obras, monitoramento de ambiente, por meio de imageamento 360°, utilizando técnicas de fotogrametria. Desta maneira pode-se estudar obras em fase inicial, realizar cálculos de volume e superfície, controle de certificações, estudos como deslizamento de encostas e taludes. Esse setor das geociências tem buscado alavancar os levantamentos na geotecnia, promovendo a redução de custos e minimização de tempo útil (Sanchez, 2015; Rakha; Gorodetsky, 2018).

Para a cartografia, em especial, os dados espaciais com alta resolução são adquiridos em um intervalo de tempo bem menor, otimizando assim o mapeamento. A digitalização dos dados obtidos pelos sensores acoplados aos *drones* permite um mapeamento detalhado (alta resolução) de regiões, possibilitando inclusive a obtenção de visualizações em 3D. Essa digitalização é processada de maneira efetiva em *softwares* de geoprocessamento, como o sistema de informação geográfica (SIG) (Morales, 2016).

Com resultados da fotogrametria, pode-se obter modelos digitais 3D de objetos e superfícies, com sequências de imagens 2D e informações de sensores de movimento. As imagens resultantes deste processo são analisadas por algoritmos computacionais, que realizam uma triangulação dos pontos superpostos, utilizando sua posição geográfica relativa (James *et al.*, 2017). Com a utilização de *drones* para um levantamento deste tipo, não é necessário definir uma série de pontos, porque o modelo já é gerado para toda área de trabalho, evitando essa triangulação (Wolf *et al.*, 2014).

Para o estudo de caso com uso de imagens aéreas, no campo da geotecnia, é preciso definir terminologias, como *suscetibilidade* e *risco geológico*. A suscetibilidade refere-se à predisposição de uma determinada região a sofrer eventos geológicos, enquanto o risco envolve a probabilidade de ocorrência desses eventos e os potenciais impactos que podem atingir a população e o ambiente

(Tominaga, 2009). Por exemplo, encostas, como a do Morro do Vidigal, onde, preteritamente, ocorreu um acidente, é um local de altos risco e susceptibilidade geológica, devido à alta declividade e à sua localização próximo a uma comunidade e às estradas.

Magnetometria Aérea

A magnetometria é uma técnica geofísica, que se baseia nas variações locais do campo magnético terrestre e nas propriedades magnéticas das rochas e estruturas geológicas em subsuperfície. Essas variações geram anomalias, que podem indicar a presença de materiais magnéticos.

Nesse método, a grandeza física utilizada para diferenciar materiais geológicos é a susceptibilidade magnética, uma grandeza adimensional de diferentes tipos de minerais presentes nas rochas determinando seu comportamento na presença de um campo magnético externo. Existem três classificações para os campos magnéticos dos materiais: diamagnético, paramagnético e ferromagnético. A magnetita e outros minerais ferromagnéticos apresentam maior afinidade com essa grandeza. Por isso, ao utilizar a magnetometria, é possível ter maior afinidade ou mapeamento, em subsuperfície, de rochas cristalinas, especialmente, as rochas básicas e ultrabásicas. Quando as rochas cristalinas estão aflorantes, suas assinaturas magnéticas podem ser interpretadas pelo desenho do relevo (Moraes, 2007).

A magnetometria aérea, realizada por meio de *drones* (MagDrone), possibilita a identificação de rochas com diferentes graus de afinidade magnética. Os *drones* oferecem uma vantagem significativa para o mapeamento magnetométrico, devido à sua capacidade de cobrir extensas áreas, de maneira rápida e eficaz, fornecendo dados de alta resolução. Além disso, a capacidade dos *drones*, em voar a baixas altitudes, permite a detecção mais precisa das anomalias magnéticas.

MATERIAIS

Para o estudo de magnetometria aérea (MagDrone), foram utilizados dados de detalhamento, adquiridos na região oeste do estado de Minas Gerais, conforme ilustrado na Figura 1.

A anomalia magnética identificada foi submetida a uma investigação detalhada, utilizando o método de mapeamento magnetométrico com *drones*. É uma região conhecida por possuir kimberlitos, que são rochas ígneas plutônicas de composição ultrabásica, enriquecidas por voláteis. Estas rochas são notáveis, pela sua capacidade de transportar diamantes do manto para a crosta terrestre. Devido à sua composição semelhante à dos peridotitos, essas rochas podem apresentar variações magnéticas significativas, com uma susceptibilidade magnética de $90 \text{ a } 200 \times 10^3 \text{ (SI)}$.

Para a coleta de dados aeromagnetométricos, foram realizados seis voos com *drone* modelo DJI M600Pro, organizados em sessões de 8 linhas N-S, com espaçamento de 100 m. O magnetômetro acoplado ao *drone* utilizado no levantamento do campo magnético total foi o modelo GEM System GSMP-35u, já o magnetômetro de base utilizado para monitoramento diurno foi o GSM19, ambos pertencem ao Laboratório de Geofísica Aplicada do Observatório Nacional (<http://www.pegbr.on.br/>).

No processamento dos dados, foi realizada a correção da variação diurna, removendo os valores anômalos. Além disso, foi aplicada a redução nos dados dos valores de campo interno principal da Terra, conhecida como IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Assim, os valores descritos como intensidade magnética total (TMI) referem-se apenas aos valores anômalos de campo magnético das rochas. Na análise dos resultados, foi elaborada uma distribuição espacial dos dados, utilizando o *software* Oasis Montaj, da Sequeent, que fornece um *grid* de medidas, a partir da interpolação dos dados, a fim de proporcionar uma visualização mais clara de possíveis corpos anômalos de origem semelhante.

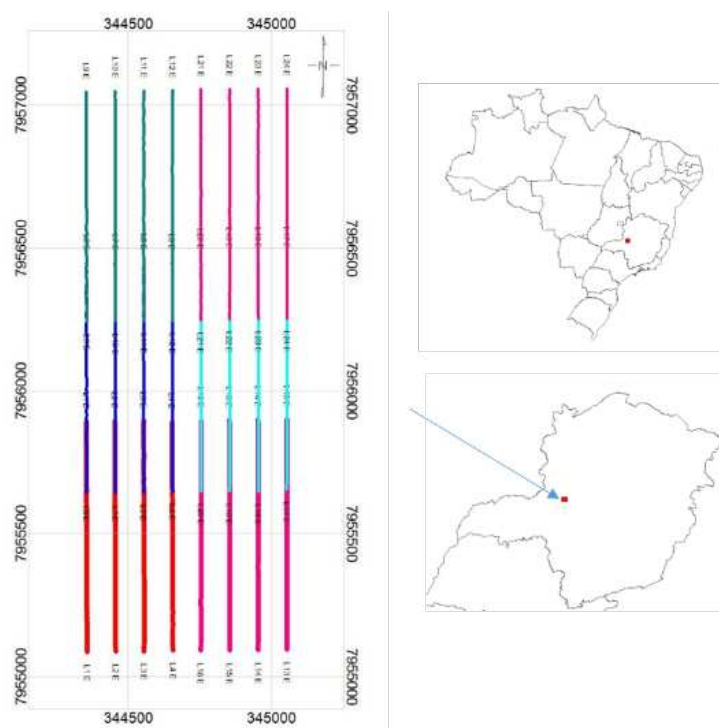


FIGURA 1 - Localização geográfica da área de estudo de MagDrone e disposição das linhas de voo. Elaboração própria.

A análise foi conduzida, a partir de mapas de contorno, onde os valores obtidos são expressos em nanotesla (nT). O método de interpolação utilizado foi o mínima curvatura e o espaçamento de gridagem, de 100 m; 50 m e 25 m (critério de Nyquist).

Para o estudo geotécnico, foi realizado um levantamento na região do Morro do Vidigal, na cidade do Rio de Janeiro. O estudo visa o mapeamento da encosta sujeita a deslizamento. Para tal, foi utilizado um *drone* modelo DJI Mini 3 Pro e o processamento dos dados para criação do modelo topográfico foi realizado utilizando o *software* Site Scan para Esri ArcGIS. A Figura 2 ilustra os equipamentos utilizados neste estudo.

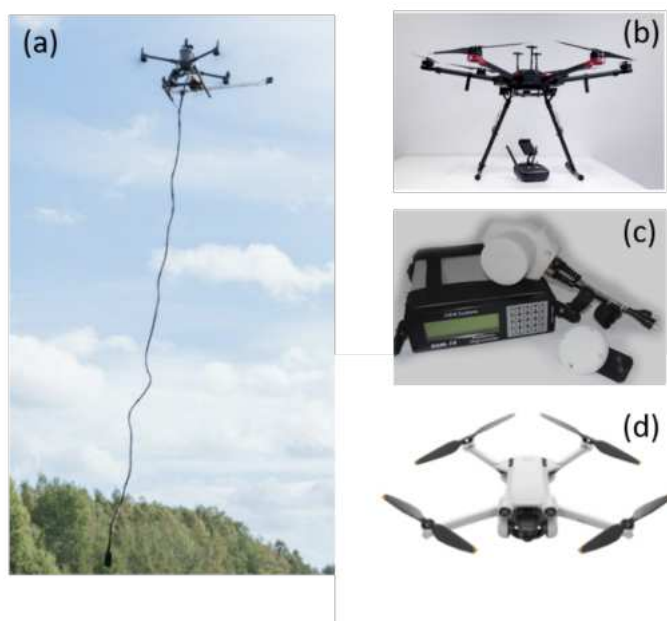


FIGURA 2 - Equipamentos utilizados na aquisição de dados deste estudo: a) *drone* com magnetômetro GSMP-35u adaptado; b) detalhamento do *drone* modelo DJI M600Pro; c) Magnetômetro GSM19 utilizado no monitoramento diurno do campo magnético; e d) detalhamento do *drone*, modelo DJI Mini 3 Pro.

RESULTADOS

Topografia e Mapeamento na área de encosta

O conjunto de fotos apresentados na Figura 3 está relacionado a um mapeamento realizado na área de encosta no morro do Vidigal, o qual, possui uma faixa de contenção, para evitar deslizamentos de terra, como os ocorridos nos dias 8 e 9 de abril de 2019, que provocaram o fechamento da Avenida Niemeyer, importante ligação entre as zonas oeste e sul da cidade do Rio de Janeiro.



FIGURA 3 - Fotos adquiridas por *drone* da região de encosta do Morro do Vidigal, com detalhamento da região de contenção construída para evitar deslizamento de terra. Elaboração própria.

Os dados topográficos, adquiridos neste levantamento, possibilitaram a construção de um perfil topográfico, cruzando toda a encosta mapeada, conforme ilustrado na Figura 4. Essa variação topográfica gira entre as cotas 280 a 320 m de altura e o perfil tem direção N-S. A Figura 5 revela o grau de inclinação desta região estudada em relação ao nível do mar. Observa-se que essa variação impossibilita a aquisição de dados terrestres e, desta forma, é facilitada pelas informações aerotransportadas (*drones*), usando conceitos básicos de trigonometria.



FIGURA 4 - Perfil topográfico da região costeira do Morro do Vidigal, construído a partir dos dados adquiridos por imagens de *drone*. Elaboração própria.



FIGURA 5 - Fotografia da região costeira do Morro do Vidigal. Detalhamento da inclinação da encosta em relação ao nível do mar. Acervo dos autores.

Magnetometria

O mapa da Figura 6 revela as variações regionais do campo magnético crustal ou anomalia de campo magnético total, para todo estado de Minas Gerais. Para a construção deste mapa, foram utilizados dados de aerolevanteamento clássico e de satélite, integrados em uma malha de 1000 m de espaçamento. Esses dados foram cedidos para pesquisas acadêmicas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB).

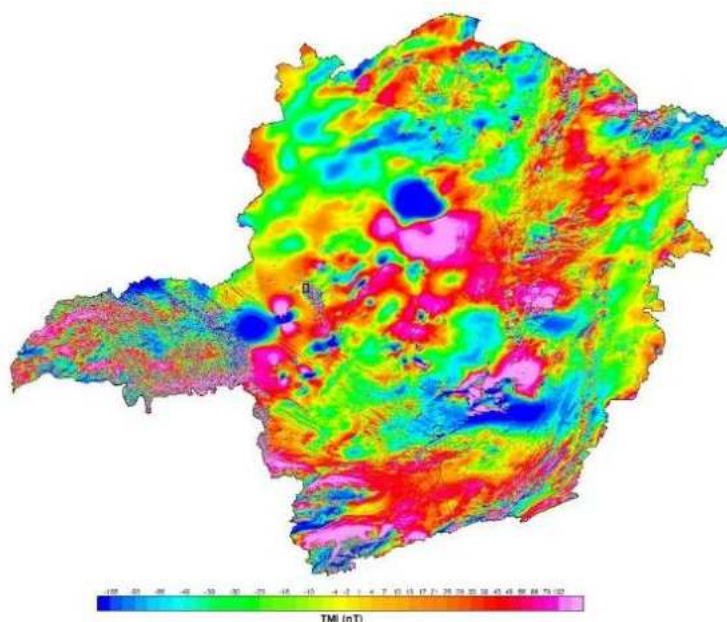


FIGURA 6 - Mapa do Campo Magnético Crustal construídos, a partir de dados de aerolevanteamentos convencionais e de satélite. Elaboração própria.

Neste mapa, a união dos dados de aerolevanteamento e de satélite inviabiliza a alta resolução dos dados aéreos, uma vez que a altura de aquisição promove a atenuação do sinal e detrimento das fontes mais rasas. Pode-se observar que as “grandes” anomalias são muito bem descritas neste mapa, uma vez que elas estão a uma profundidade considerável, a intensidade do campo magnético total varia de -185 a 100nT.

Alvos geológicos de exploração mineral estão atrelados, muitas vezes, a rochas máficas e ultramáficas e, portanto, anomalias magnéticas podem trazer informações relevantes sobre esse tipo de exploração. Por isso, um levantamento de detalhe, em regiões com alto grau magnético, pode revelar a existência de mineral exploratório. No caso deste estudo, o levantamento magnético foi realizado com *drone*, tendo sido estabelecido em uma pequena área, localizada na região oeste de Minas Gerais, onde havia indícios de kimberlitos. A navegação envolveu oito linhas de aquisição, com direção N-S, equiespaçadas de 100m, totalizando 16 km (Figura 7).

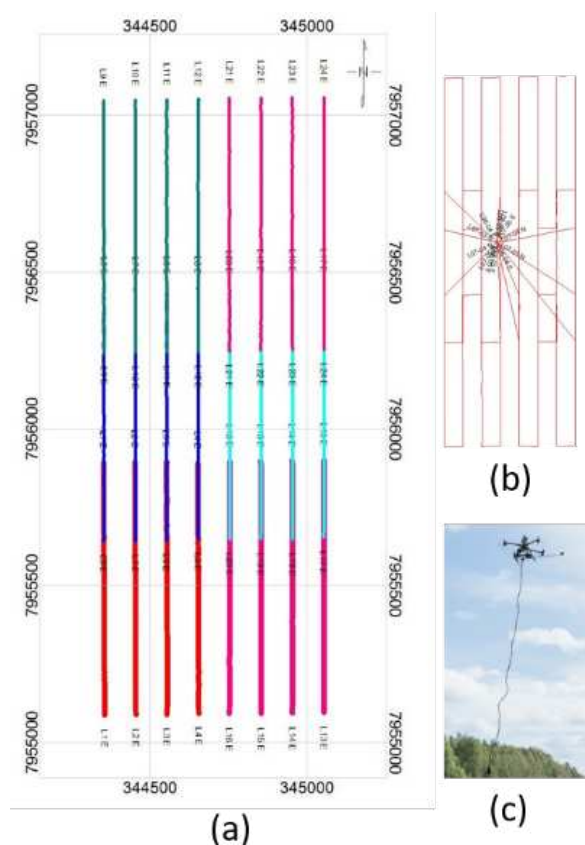


FIGURA 7 - Planejamento de voo para aquisição de dados magnetométricos por *drone*: a) Disposição das linhas de aquisição de dados; b) plano de voo adquirido com ponto de lançamento; c) detalhe do equipamento geofísico magnetômetro, adaptado ao *drone*, para aquisição de dados.

O processamento dos dados envolveu parte da estação magnética que monitora as variações magnéticas advindas de fontes externas, basicamente do Sol. A média do campo magnético monitorado pela estação base foi de 23.583,27nT. Foi observado que as maiores variações desta fonte ocorrem aproximadamente ao meio dia, período de maior exposição terrestre ao vento solar.

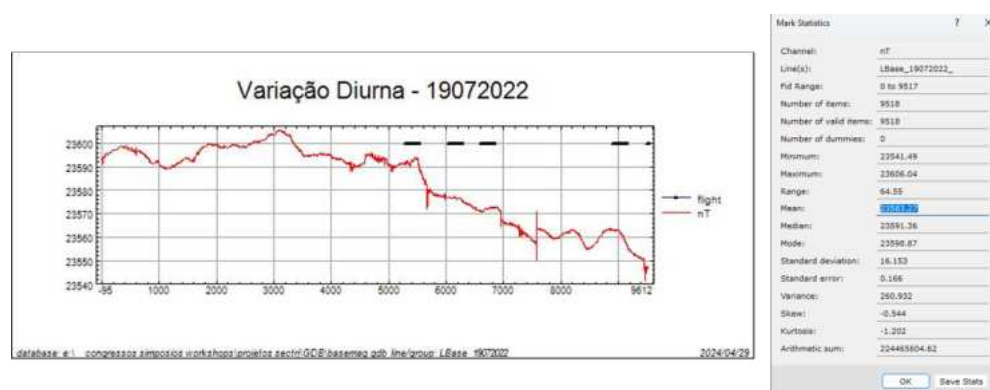


FIGURA 8 - Variação do campo magnético monitorado na estação base, utilizado para redução do dado adquirido e correção da variação diurna (esq.); estatísticas geradas pelo monitoramento (dir.).

Assim, foram reduzidos, dos dados magnetométricos, o campo principal da Terra (IGRF) e a variação diurna, descrita anteriormente. A Figura 9 ilustra essa redução nas linhas, gerando os dados de campo magnético anômalo, que é a fonte de interesse desse detalhamento.

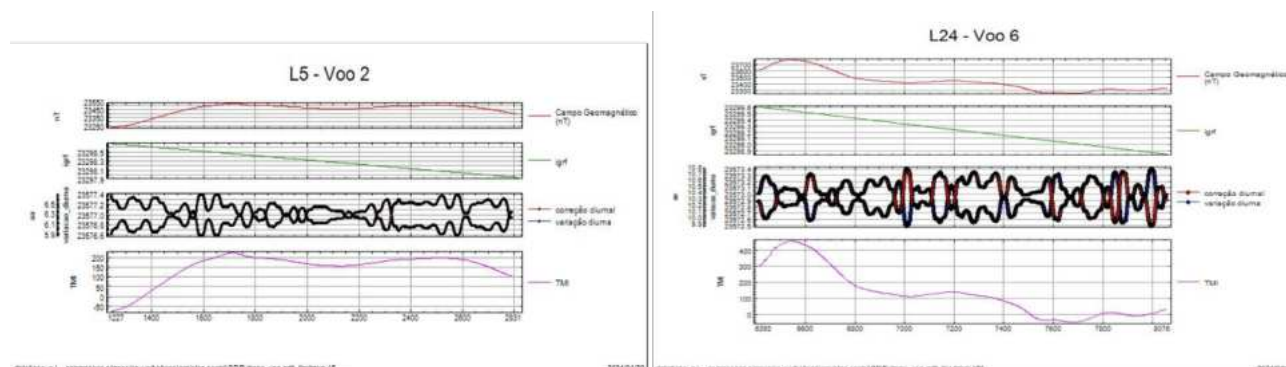


FIGURA 9 - Exemplos de redução nos dados magnetométricos para separação das fontes de campo magnético total e detalhamento do campo magnético crustal gerado pelas fontes crustais mineralizadas. Elaboração própria.

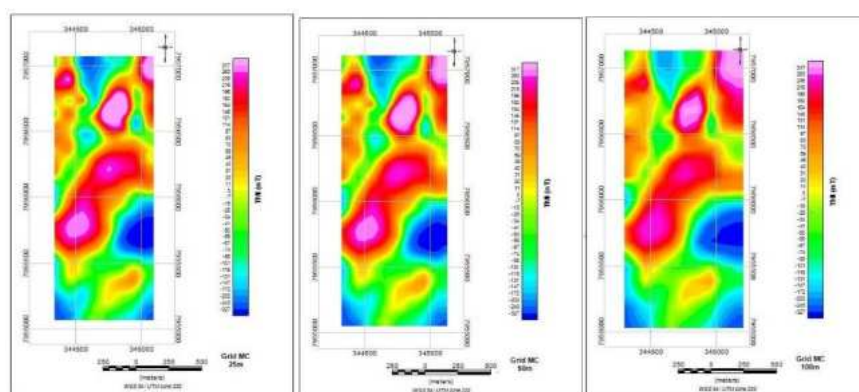


FIGURA 10 - Anomalia do Campo Magnético Total adquirida por *drones* indicando detalhamento da informação por diferentes distância de gridagem: a) 25 m; b) 50 m; c) 100 m. Elaboração própria.

O mapa do campo magnético crustal adquirido por *drones* revela anomalias com alto grau magnético quase circulares na região central da área estudada. O detalhamento oferecido pelo critério de Nyquist viabiliza caracterização espacial dessas fontes, com uma variação de $\pm 300\text{nT}$.

CONCLUSÕES

Dados adquiridos por *drones* estão se tornando muito populares em estudos das geociências, especialmente, pelo alcance de sua aquisição e pela economia tanto de tempo de processamento quando de aquisição realmente. Assim, a exploração e acessibilidade de dados em áreas abertas, de difícil acesso, ou mesmo restrito pode ser melhor estudada com técnicas de fotogrametria para topografia e ou geofísica, tornando uma alternativa relevante para avaliação ambiental e de riscos geológico-geotécnicos.

Nos casos estudados, as aerofotogrametrias geradas pelo *drone*, possibilitou a modelagem de uma área de encosta no Morro do Vidigal e a construção de um perfil topográfico em uma zona muito íngreme, de difícil acesso para aquisição terrestre. Esse resultado mostrou-se particularmente valioso, fornecendo produtos de alta qualidade, que possibilitaram a identificação precisa de áreas críticas, e acesso a área remota com difícil acesso e baixo nível de segurança.

A aeromagnetometria com *drones* procurou mapear magneticamente alvos exploratórios em subsuperfície na região oeste de Minas Gerais, que possuíam grande variação na susceptibilidade magnética. Esses alvos com características quase circulares possuíam uma variação anômala de 300nT e estão localizadas na região central da área de estudo. Foram atrelados conhecimentos geológicos aflorantes da região o qual podemos caracterizar esses corpos anômalos como kimberlitos.

Assim, destaca-se a importância do uso de dados de alta qualidade como os adquiridos por *drones* para os estudos das Geociências, promovendo a garantia de segurança e desenvolvimento sustentável das regiões. A integração de dados geofísicos, geológicos, geotécnicos especialmente com detalhamento aprimorado possibilita melhor compreensão da Terra e de seu interior, podendo auxiliar em futuras tomadas de decisão em relação a intervenções e exploração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUCHER P. 'You wouldn't have your granny using them': Drawing boundaries between acceptable and unacceptable applications of civil drones. **Sci. Eng. Ethics**, v. 22, p. 1391-1418, 2016.
- CALTABIANO, D.; MUSCATO, G.; ORLANDO, A.; FEDERICO, C.; GIUDICE, G.; GUERRIERI, S. Architecture of a UAV for volcanic gas sampling, Emerging Technologies and Factory Automation. **10th IEEE Conference**, v. 6, p. 744, 2005.
- CARRIVICK, J.L.; SMITH, M.W.; QUINCEY, D.J.; CARVER, S.J. Developments in budget remote sensing for the geosciences. **Geology Today**, v. 29, p. 138-143, jul. 2013.
- HERNANDEZ-LOPEZ, D.; FELIPE-GARCIA, B.; GONZALEZ-AGUILERA, D.; ARIAS-PEREZ, B. An Automatic Approach to UAV Flight Planning and Control for Photogrammetric Applications. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 79, p. 87-98. 2013.
- LIN, Y.; HYYPPÄ, J.; JAAKKOLA, A. Mini-UAV-borne LIDAR for fine-scale mapping. **Geoscience and Remote Sensing Letters**, IEEE, v. 8, p. 426-430, 2011.
- LUCIEER A.; TURNER D.; KING D.H.; ROBINSON S.A. Using an unmanned aerial vehicle (UAV) to capture micro-topography of antarctic moss beds. **Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinf.** 27A, p. 53-62, 2014.
- MORAES, L. G. **Processamento, interpretação e integração dos dados aerogeofísicos do projeto Rio do Sangue – MT, aplicados ao mapeamento geológico e à prospecção mineral**. 2007. 158f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- PIATTI E.J.; LERMA J.L. Virtual worlds for photogrammetric image-based simulation and learning. **Photogram. Rec.** v. 28, n. 141, p. 27- 42, 2013.
- RAKHA T., GORODETSKY A. Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones. **Automat. Construct.**, v. 93, p. 252- 264, 2018.
- RAMOS H.; MONTESINOS J.C. Aplicaciones hidrológicas. **En Los drones y sus Aplicaciones a la Ingeniería Civil. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid**. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2015. p. 95-99.
- REMONDINO, F.; BARAZZETTI, L.; NEX, F.; SCAIONI, M.; SARAZZI, D. UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling current status and future perspectives. **International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 38, C22, 2011.
- SÁNCHEZ J. La guerra de los drones por ganar un lugar en el mercado. **El Economista**, 25 fev. 2015. <http://eleconomista.com.mx/tecnociencia/2015/02/25/guerra-drones-ganar-lugar-mercado>
- SEO J.; DUQUE L.; WACKER J. Drone-enabled bridge inspection methodology and application. **Automat. Construct.** v. 94, p. 112-126, 2018.

- SU, T.C.; CHOU, H.T. Application of Multispectral Sensors Carried on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to Trophic State Mapping of Small reservoirs: A Case Study of Tain-Pu reservoir in Kinmen, Taiwan. **Remote Sensing**, v. 7, p. 10078-10097, 2015.
- THOMSON, S.; FOUNTAIN, D.; WATTS, T. Airborne geophysics evolution and revolution. **Proceedings of Exploration**, v. 7, p. 19-37, 2007.
- TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco. *In*: Tominaga, L. K.; Santoro, J.; Amaral, R. (org). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 147-160.
- TURNER I.L; HARLEY M.D.; DRUMMOND C.D. UAVs for coastal surveying. **Coastal Eng**, v. 114, p. 19-24, 2016.
- VAN BLYENBURGH, P. UAVs: an overview. **Air & Space Europe**, v. 1, p. 43-47, 1999.
- WATTS, A.C.; AMBROSIA, V.G.; HINKLEY, E.A. Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use. **Remote Sensing**, v. 4, p. 1671-1692, 2012.
- WOLF, P. R.; DEWITT B. A.; WILKINSON, B. E. **Elements of photogrammetry with applications in GIS**. 4. ed. Mc Graw Hill. 2014.



EIXO 6

Geoprocessamento e análise espacial

CAPÍTULO 34

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS TRANSIÇÕES DA FLORESTA ATLÂNTICA NO CONTEXTO DO SUDESTE USANDO O MAPBIOMAS

Maria Fernanda dos Santos Fialho¹
Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira¹
Felipe Gonçalves Amaral¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 21941-909. fialho.mff@gmail.com; beaamgarcia@gmail.com; f.g.amaral19@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

Por sua vulnerabilidade e posição geográfica, a Mata Atlântica é objeto de muitas pesquisas científicas, que visam a análise das mudanças temporais da paisagem, de modo a poder subsidiar modelos e instrumentos de gestão ambiental. Neste sentido, o desenvolvimento de processos analíticos que possam ajudar a investigar, mensurar e qualificar as dinâmicas e os vetores de pressão em fragmentos florestais na Mata Atlântica, tem sido demandado para o gerenciamento e planejamento dessas áreas. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo a análise espaço-temporal relativa a 37 anos de transição das florestas na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) (Corrêa, 1996), com foco específico na porção da ecorregião da Serra do Mar presente na região sudeste. O trabalho consiste em uma análise geral da trajetória do desflorestamento e da regeneração e busca identificar padrões espaciais de perda e de ganho de cobertura florestal a partir da utilização dos dados fornecidos pelo MapBiomas. Com base no banco de dados de mapeamentos da cobertura da terra, de tabelas e de gráficos já elaborados, tornou-se possível entender o comportamento das transições no período do estudo, ressaltando padrões espaciais e temporais das dinâmicas florestais para toda a área, e em diferentes formas de regionalização, dado os limites políticos e naturais.

Palavras-chave: Mata Atlântica; transição; MapBiomas.

ABSTRACT

Due to its vulnerability and geographical position, the Atlantic Forest is the subject of much scientific research aimed at analyzing temporal changes in the landscape, in order to support environmental management models and instruments. In this sense, the development of analytical processes that can help investigate, measure and qualify the dynamics and pressure vectors in forest fragments in the Atlantic Forest has been required for the management and planning of these areas. This work aims to perform a spatio-temporal analysis relating to 37 years of forest transition in the Atlantic Forest Biosphere Reserve (RBMA) (Corrêa, 1996), with a specific focus on the portion of the Serra do Mar ecoregion present in the Southeast region. The work consists of a general analysis of the trajectory of deforestation and regeneration and seeks to identify spatial patterns of loss and gain of forest cover using data provided by MapBiomas. Based on the land cover mapping database, tables and graphs already prepared, it became possible to understand the behavior of transitions during the study period, highlighting spatial and temporal patterns of forest dynamics for the entire area, and in different forms of regionalization, given political and natural limits.

Keywords: Mata Atlântica; transition; MapBiomas.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um bioma presente em cerca de 15% do território brasileiro, mas um dos mais severamente degradados do país, estimando cerca de 24% da floresta original remanescente atualmente (SOSMA), em diferentes estados de conservação. A pressão causada pelo crescimento socioeconômico das grandes metrópoles da área abrangente, como Rio de Janeiro e São Paulo, geram discussões acerca da importância da floresta para serviços ambientais que favoreçam não só

o meio ambiente, mas as cidades (EMBRAPA, 2015). Entendendo sua importância, foi criada a Lei n. 11.428/2006, que institui a Lei da Mata Atlântica, no intuito de promover sua preservação e conservação.

Uma das maneiras de caracterizar, monitorar e reconhecer as áreas em constante dinâmica são por meio dos esforços cartográficos, uma vez que auxiliam as análises quantitativas e qualitativas de diversos ambientes. Entender as dinâmicas territoriais e como os processos de supressão e regeneração se espacializam ao longo do tempo é foco de muitos interesses. No cenário de degradação dos biomas brasileiros, destaca-se historicamente a Mata Atlântica, constituída por diversos ecossistemas cujos remanescentes se encontram bastante fragmentados e, em sua maioria, vulneráveis a pressões antrópicas (Myers *et al.*, 2000). Por sua vulnerabilidade e posição geográfica, a Mata Atlântica é objeto de muitas pesquisas científicas, que visam a análise das mudanças temporais da paisagem, de modo a poder subsidiar modelos e instrumentos de gestão ambiental. Por todo o exposto, o desenvolvimento de processos analíticos que possam ajudar a investigar, mensurar e qualificar as dinâmicas e os vetores de pressão em fragmentos florestais na Mata Atlântica, tem sido demandado a fim de favorecer o gerenciamento e planejamento dessas áreas.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo a análise espaço-temporal relativa a 37 anos de transição das florestas na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) (Corrêa, 1996), com foco específico na porção da ecorregião da Serra do Mar, presente na região Sudeste, visando entender o comportamento das transições no período do estudo, ressaltando padrões espaciais e temporais das dinâmicas florestais para toda a área e em diferentes formas de regionalização, dados os limites políticos e naturais.

METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em duas partes principais, como mostra o fluxograma da Figura 1.

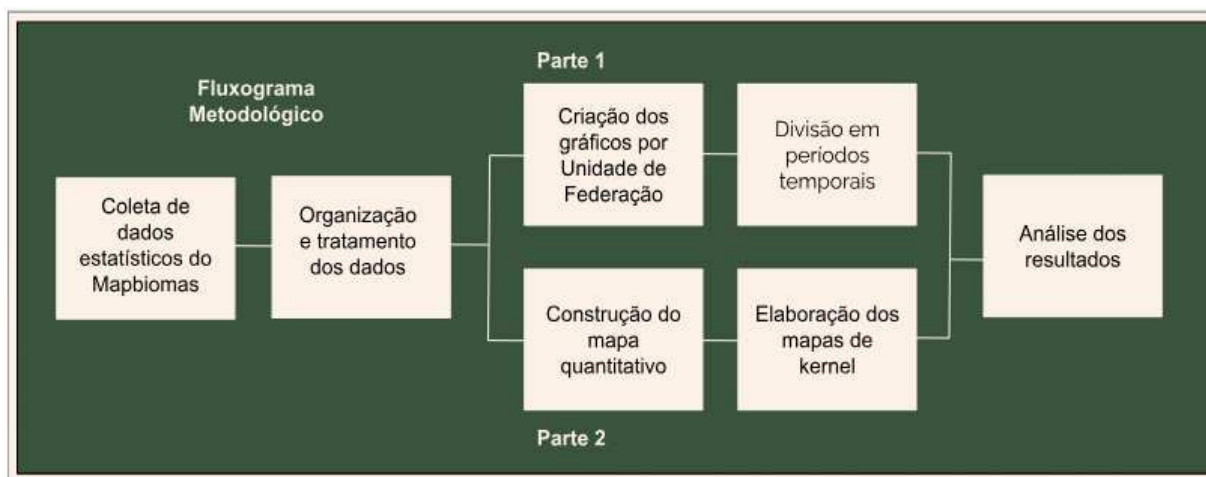


FIGURA 1 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

Na primeira parte da metodologia (Parte 1 da Figura 1), buscamos entender o padrão temporal das mudanças da paisagem na Mata Atlântica. Nesta etapa, realizamos a coleta de dados estatísticos da coleção 7 do MapBiomas e, em seguida, a organização e tratamento destes dados. As informações reunidas foram representadas em gráficos gerados por unidades de federação (Figura 2).

A partir da elaboração destes gráficos, realizamos a divisão em períodos temporais dos anos, e estabelecemos os anos de maiores transições da Mata Atlântica, sendo eles: 1985 a 1994; 1994 a 2003; 2003 a 2012; e, por último, 2012 a 2021.

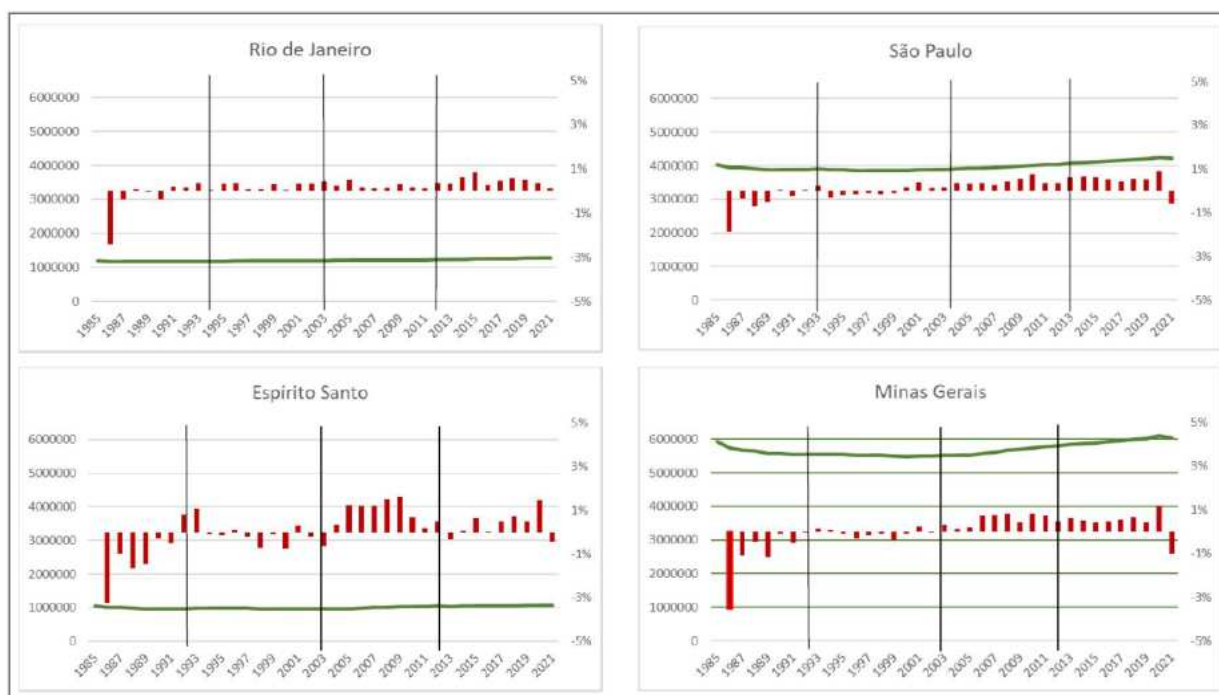


FIGURA 2 - Gráficos da divisão temporal. Elaboração própria.

Na segunda parte (Parte 2 da Figura 1), buscamos entender o padrão espacial das mudanças da paisagem na floresta. Nesta etapa, a metodologia adotada consistiu na identificação e representação dos momentos de maior transição da floresta atlântica, onde utilizamos como base os dados da coleção 7 do MapBiomas, somente para os períodos temporais determinados anteriormente na primeira parte da metodologia. Finalmente, para os resultados, realizamos a organização e o tratamento dos dados, o que serviu de subsídio para a construção de um mapa quantitativo e dos mapas de densidade de kernel.

RESULTADOS

Neste primeiro momento, concentramos o foco da pesquisa para o entendimento dos padrões espaciais e temporais de mudanças na escala regional, para que pudéssemos enxergar essas alterações correlacionando-as aos estados. Para o segundo resultado, a alternativa escolhida foi a utilização dos mapas de densidade de kernel, uma ferramenta muito eficaz para estimar os padrões espaciais dos eventos de supressão e de regeneração, já que a Floresta Atlântica possui fragmentos de supressão e regeneração florestal muito pequenos e, conseqüentemente, pouco visíveis na escala trabalhada. Outra característica relativa a este recorte é importante de ser mencionada é que a área florestal suprimida, muitas vezes, não é a mesma área que sofrerá o processo de regeneração e, sendo assim, os mapas de kernel se tornam fundamentais para o entendimento das mudanças da

paisagem, uma vez que esta dinâmica só é possível de ser entendida, a partir da espacialização dos dados. O primeiro resultado deste trabalho espacializa o quantitativo de floresta regenerada e suprimida dentro da série histórica de 37 anos (Figura 3).

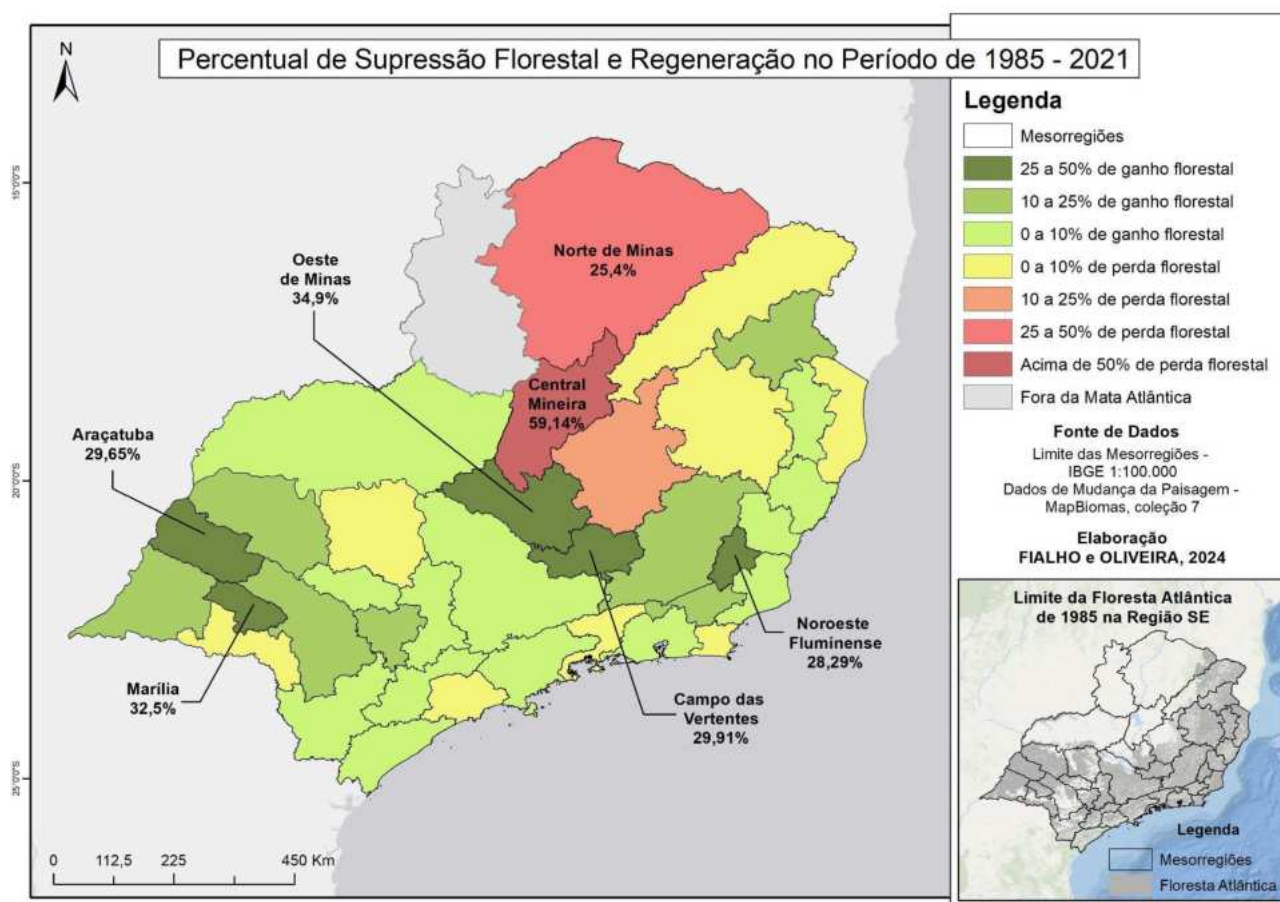


FIGURA 3 - Percentual de supressão e restauração de 1985 a 2021. Elaboração própria.

Na Figura 3, é possível detectar uma concentração das mesorregiões com maiores percentuais de perda florestal no estado de Minas Gerais, localizadas nas mesorregiões Central Mineira, com 59,14% de perda florestal, e Norte de Minas, com 25,4% de perda florestal. Entretanto, o mesmo estado apresenta níveis consideráveis de regeneração em mesorregiões vizinhas, como a mesorregião Oeste de Minas, com 34,9% de regeneração florestal, e Campo das Vertentes, com 25,91% de regeneração. Além disso, somente as mesorregiões Araçatuba e Marília, localizadas no estado de São Paulo, e a mesorregião Noroeste Fluminense, localizada no estado do Rio de Janeiro obtiveram um alto valor de regeneração florestal. Para os outros estados, a perda florestal variou apenas entre 0 a 10%, possuindo, em uma visão geral, um balanço positivo para ganho florestal dentro do contexto dos 37 anos. Apenas o estado do Espírito Santo não apresentou um alto percentual de ganho florestal, se mantendo em 0 a 10% de ganho e 0 a 10% de perda.

A partir do entendimento das mudanças a nível regional, produzimos mapas de densidade de kernel que nos permitiram estimar a localização dos eventos de supressão e de regeneração no recorte espacial escolhido. A determinação do tipo de representação através dos mapas de kernel foi pensada para que pudéssemos estimar os padrões espaciais dos eventos de supressão e de regeneração, uma vez que a Mata Atlântica possui fragmentos de supressão e regeneração florestal muito pequenos. Além disso, com este resultado, conseguimos detectar as áreas mais criticamente afetadas pela supressão florestal, as áreas com maiores níveis de regeneração florestal e os padrões de distribuição das mudanças. Para isso, foram produzidos mapas de densidade de kernel correspondentes a cada

um dos quatro períodos de estudo selecionados anteriormente. Este resultado nos permitiu a melhor visualização da trajetória evolutiva das mudanças na paisagem. Abaixo, a Figura 4 representa o mapa de densidade de kernel por período de estudo do evento de supressão florestal.

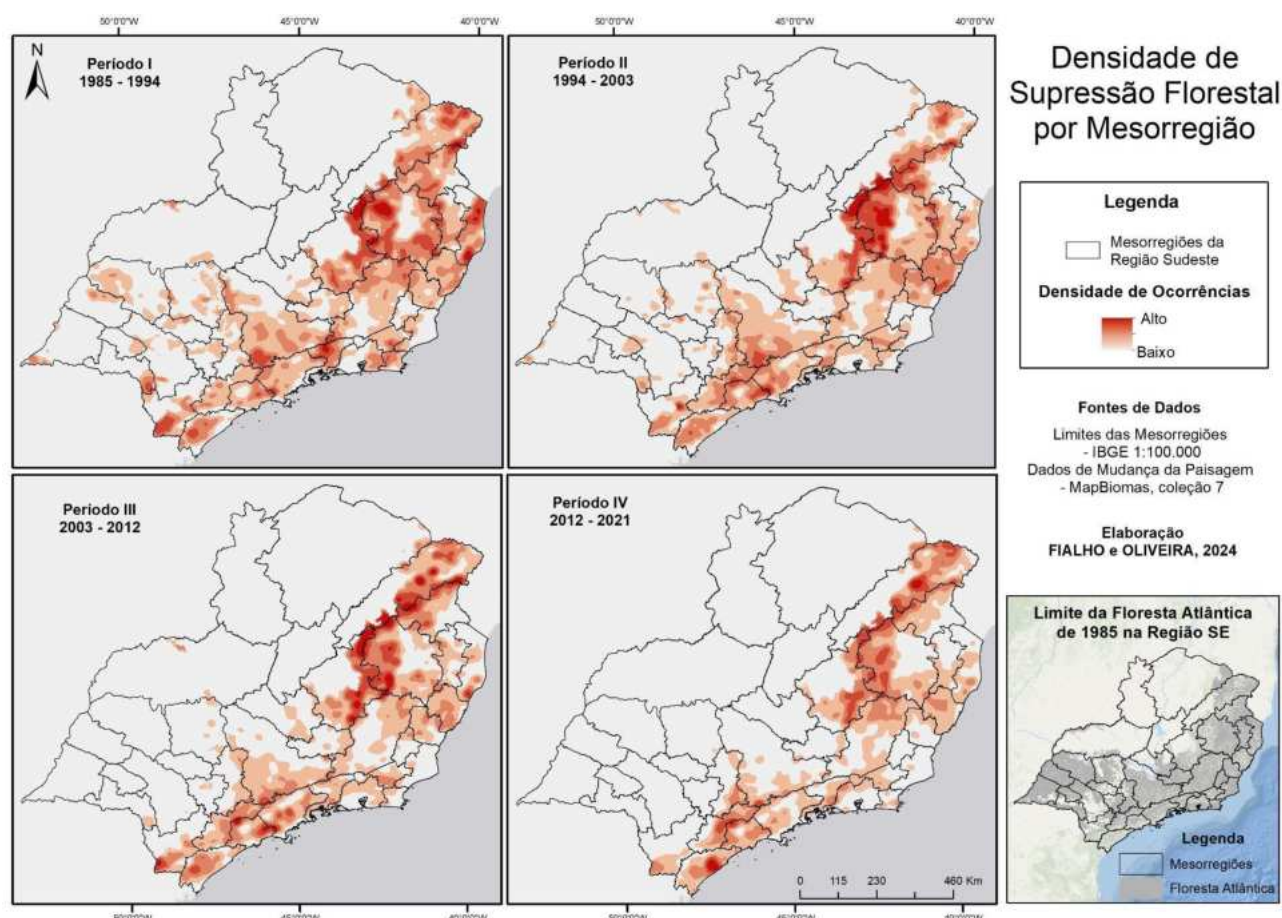


FIGURA 4 - Densidade de supressão florestal por mesorregião e período. Elaboração própria.

Na Figura 4, nota-se, no período de 1985-1994 (I), as ocorrências pontuais mais intensas de supressão na divisa entre as mesorregiões do Vale do Rio Doce, Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte e Vale do Mucuri, formando um corredor de supressão florestal no estado de Minas Gerais. Além disso, verifica-se grande parte de ocorrências mais intensas em partes das mesorregiões do Vale do Rio Doce, Sul Fluminense, e Litoral Norte do Espírito Santo.

No período seguinte, de 1994 a 2003 (II), repetiu-se o padrão de ocorrência nas divisas mencionadas acima. Além disso, neste período em diante, o desflorestamento ocorreu de forma bem mais dispersa e menos intensa, mas ainda se demonstrando com uma densidade maior de ocorrências, principalmente, na divisa das mesorregiões citadas no período de 1985-1994 no estado de Minas Gerais. Tornou-se evidente também algumas ocorrências mais intensas de supressão em áreas das mesorregiões Metropolitana de São Paulo, Vale do Paraíba Paulista, Litoral Sul Paulista, e em Itapetininga.

A partir da observação deste resultado, podemos concluir que a supressão ocorre principalmente nos anos iniciais, tendendo a diminuir ao longo dos anos, mas apresentando pontos específicos de ocorrências, que se repetem na maioria dos períodos selecionados na pesquisa.

Em seguida, a Figura 5 representa o mapa de densidade de kernel por período de estudo da regeneração florestal.

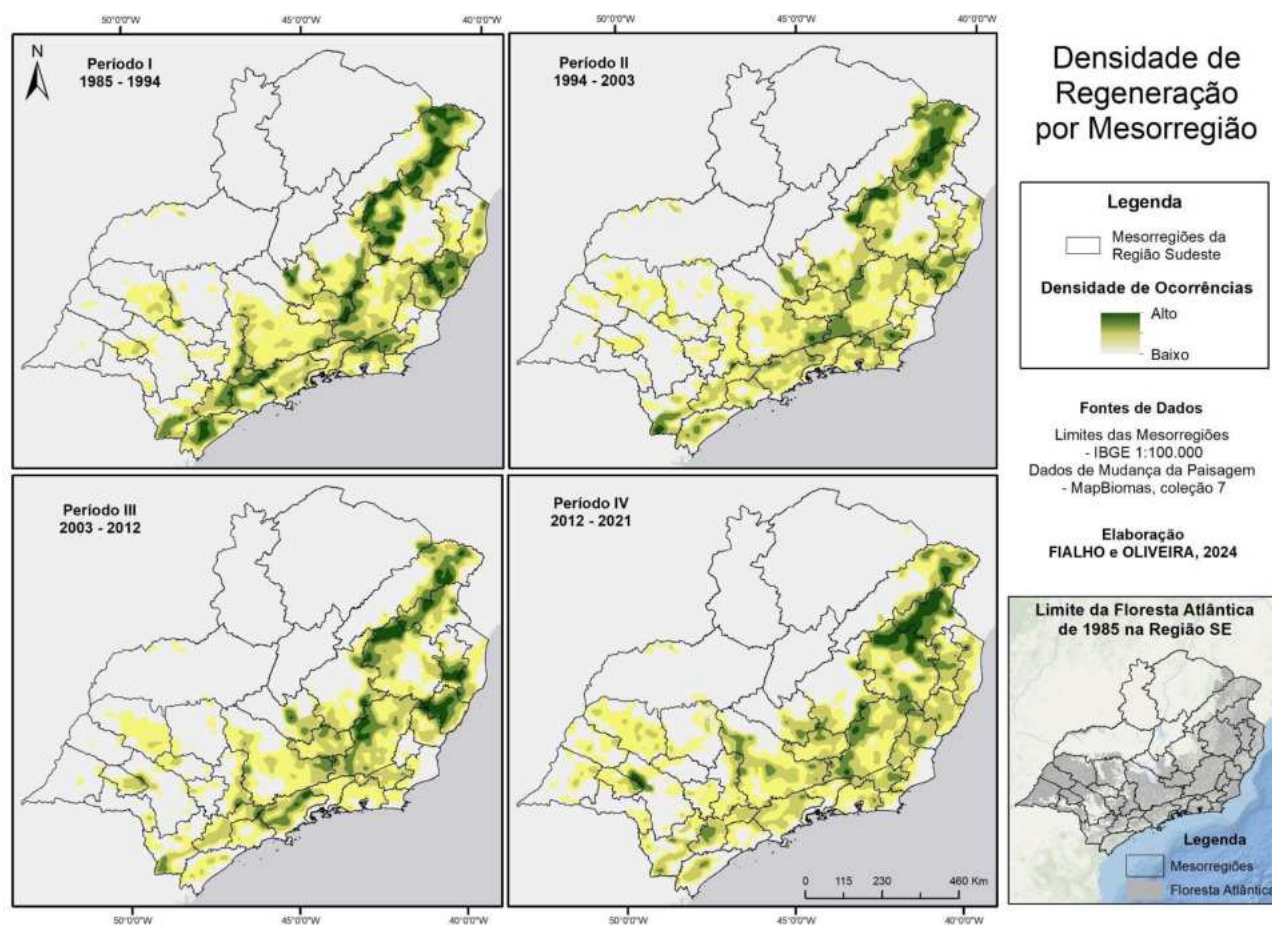


FIGURA 5 - Densidade de regeneração florestal por mesorregião e período. Elaboração própria.

Já na Figura 5, é notória a intensificação da regeneração nos anos finais (Período IV), seguindo comportamento oposto ao da supressão. Observa-se um padrão de ocorrência mais intensa, período a período, da regeneração ao norte da Mata Atlântica, predominantemente, nas mesorregiões Jequitinhonha, Vale do Mucuri e Vale do Rio Doce, duas dessas, mencionadas na Figura 3, como intensamente desflorestadas, nos anos iniciais, e dispersas, em todo resto. Fazendo uma correlação com os corredores de supressão e regeneração florestal, podemos dizer que há a formação de um corredor de regeneração no mesmo local de formação do corredor de supressão florestal, mencionado na Figura 4. A regeneração progride para toda a área de estudo, entre os anos de 2003 e 2021.

Este resultado condiz com os percentuais apresentados na Figura 2 - balanço final de ganho e perda de cada mesorregião, especialmente, nas mesorregiões do estado de Minas Gerais. Com isso, verifica-se também que parte das áreas regeneradas não possuem a mesma localização que as áreas suprimidas, onde as causas são desconhecidas.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa favoreceu a melhor compreensão da dinâmica de desflorestamento e regeneração da Floresta Atlântica. Obtivemos êxito na divisão de períodos temporais para todo o Sudeste, sendo possível, entender que há concentrações tanto nas áreas, em que ocorre o desflorestamento, como nas áreas de regeneração e que os padrões espaço-temporais do desflorestamento e da regeneração são opostos e mudaram, ao longo do tempo. Além disso, podemos concluir, a partir das observações já mencionadas, a presença de corredores de supressão e regeneração florestal, nos estados de São Paulo e de Minas Gerais. Contudo, assim como muitos estudos sobre a Mata Atlântica no estado do

Rio de Janeiro apontam, a região Sudeste possui ocorrências de regeneração bastante significativas. Trabalhos futuros apontam para a direção de procurar entender melhor as variáveis que compõem estes padrões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, F. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: roteiro para o entendimento de seus objetivos e seu sistema de gestão**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 1996.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A., & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 24 fev. 2000.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R; OLIVEIRA, E. B.; BROWN. G. G.; PRADO. R. B. **Serviços ambientais no bioma Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro: abordagem metodológica e desafios**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2015.

SOS Mata Atlântica. **A floresta**. [S.l.],[s.d.]. <https://cms.sosma.org.br/conheca/mata-atlantica>

CAPÍTULO 35

A UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO COMO MEIO DE ESTUDO: A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARIMBONDO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Alex Rodrigues da Silva Junior¹
Breno dos Santos Coutinho Pereira¹
Isabela Habib Canaan da Silva¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP).
Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005.
junioralex.4248@gmail.com; brenocoutinho.uerj@gmail.com; isabelahabib@gmail.com.

RESUMO

Mapear e monitorar áreas de risco de desastres contribui no processo de identificação e estudo desses fenômenos, nesse aspecto, as ferramentas de geoprocessamento contribuem de forma positiva nesse processo, possibilitando o desenvolvimento e aplicação de novas formas preventivas que auxiliam a redução dos danos ambientais e sociais que os desastres acarretam à população. O presente trabalho é, portanto, direcionado ao estudo da Bacia Hidrográfica do rio Marimbondo, localizada no município de São Gonçalo, tendo como proposta uma análise sobre o mapeamento de risco e o monitoramento de desastres que assolam regularmente a população, sendo estes principalmente os deslizamentos, inundações e alagamentos. O estudo teve início com a pesquisa bibliográfica e o levantamento de registros de ocorrência de desastres, em seguida desenvolveu mapeamentos do meio físico e de localização de ocorrências que permitiram análises espaciais. Dessa maneira, os resultados obtidos revelam aspectos característicos da região de estudo que a enquadram como uma área de alta suscetibilidade à ocorrência dos desastres naturais citados anteriormente, sendo tanto morfológicos, que a tornam propícia a certos eventos, quanto antrópicos, como o caso do intenso processo de urbanização, que leva consigo novas problemáticas que intensificam os desastres na Bacia. O mapeamento, portanto, pode ser utilizado como um mecanismo de estudo, contribuindo de diversas maneiras para o direcionamento da expansão urbana, agregando quanto às possibilidades de prevenção e auxiliando a uma melhor gestão da região.

Palavras-chave: geoprocessamento; desastres naturais; prevenção; suscetibilidade; bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Mapping and monitoring disaster risk areas contributes to the process of identifying and studying these phenomena. In this respect, geoprocessing tools make a positive contribution to this process, enabling the development and application of new preventive methods that help to reduce the environmental and social damage that disasters cause to the population.

This work is therefore aimed at a study of the Marimbondo River Basin, located in the municipality of São Gonçalo, proposing an analysis of risk mapping and the monitoring of disasters that regularly affect the population, mainly landslides, floods and waterlogging. In this way, the results obtained reveal characteristic aspects of the study region that make it an area of high susceptibility to the occurrence of the natural disasters mentioned above, both morphological, which make it prone to certain events, and anthropic, such as the intense process of urbanization, which brings with it new problems that intensify disasters in the Basin. Mapping, therefore, can be used as a study mechanism, contributing in various ways to directing urban expansion, adding to prevention possibilities and helping to better manage the region.

Keywords: geoprocessing; natural disasters; prevention; susceptibility; river basin.

INTRODUÇÃO

O município de São Gonçalo urbanizou-se muito rapidamente, ocasionando uma crescente na sua concentração populacional, que conta com 896.744 habitantes (IBGE, 2022). Por sua vez, seu processo de urbanização não acompanhou um devido planejamento que pudesse acomodar as necessidades dos cidadãos enquanto minimiza as sequelas geradas ao ecossistema da região, impondo um desequilíbrio crônico ao meio ambiente e elevando o grau de vulnerabilidade ao qual a população está submetida. (Moraes, 2017)

No Brasil, a classificação e codificação brasileira de desastres (COBRADE) integram um banco de dados referente às ocorrências de desastres, sendo de suma importância, para a homogeneização e identificação desses fenômenos. O Serviço Geológico do Brasil (SGB) define como área de risco, aquela “passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso”, ou seja, uma relação entre o perigo e a vulnerabilidade, condições essas, muito presentes em todo o município de São Gonçalo.

O Plano estadual de recursos hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERH, 2014) retrata as questões de vulnerabilidade a eventos críticos em todo o estado, onde destaca que áreas mais intensamente ocupadas possuem maior vulnerabilidade. No entanto, é importante destacar que não é a densidade demográfica, em si, que causa os riscos naturais, mas sim, a forma como as áreas são utilizadas e ocupadas (Rangel *et al.*, 2023).

Dessa maneira, como consequências da ocupação desordenada, destacam-se a degradação do ambiente e a piora na qualidade de vida da população (Mendonça, 2004), que, aliados às características geomorfológicas locais, fazem de São Gonçalo, um município com grande concentração de áreas de risco e de alta suscetibilidade a desastres, como inundações, alagamentos e deslizamentos (DGDEC, 2016 *apud* Moraes, 2016).

Dentro desta perspectiva de gestão do território e do planejamento, o estudo e a modelagem de dados ambientais para o monitoramento do espaço são de suma importância e devem incluir uma análise dos diferentes componentes do ambiente, ou seja, tanto a ocupação humana quanto o meio físico-biótico, estabelecendo sua inter-relação (Medeiros; Câmara, 2001). O presente trabalho propõe explorar diversas abordagens de modelagem, utilizando a geotecnologia, para gerenciar a Bacia Hidrográfica do Rio Marimbondo, situada na região oeste de São Gonçalo. O objetivo é empregar ferramentas de georreferenciamento, a fim de contribuir com a construção de conhecimento, destinado à prevenção de desastres naturais. Sua utilização pode ajudar a desenvolver diagnósticos eficientes, soluções de baixo custo e criar alternativas inteligentes para os desafios enfrentados, face às mudanças aceleradas, que observamos em nosso território. É importante ratificar que a delimitação da área e o reconhecimento do ambiente físico da bacia hidrográfica, como visão estratégica do planejamento, traz à bacia hidrográfica, a concepção de recorte territorial, como célula de análise integrada, que permite a conexão entre a organização espacial dos grupos sociais e os aspectos do ambiente físico (Carvalho, 2020, p. 146).

METODOLOGIA

A presente pesquisa possui uma abordagem qualitativa, cuja base inicial foi o estudo intitulado “O uso das geotecnologias no estudo de desastres naturais e seu impacto na população da porção leste da região hidrográfica da Baía de Guanabara” (Silva Júnior *et al.*, 2022), que identificou os municípios de São Gonçalo e Niterói, como os locais de atenção para o tema em questão. A fim de dar continuidade à pesquisa, tendo como objeto de estudo, a BH do Rio Marimbondo, o presente estudo iniciou com o levantamento, a estruturação de dados e da bibliografia sobre o recorte espacial escolhido, tendo sido utilizados artigos, livros, banco de dados em estrutura, sistema de informação geográfica (SIG), disponibilizados on-line e ferramentas de geoprocessamento, para a elaboração dos mapeamentos.

Por meio da utilização de técnicas de geoprocessamento, em ambiente SIG, foi possível mapear e categorizar diferentes compartimentos geomorfológicos (como planícies fluviais, colinas e morros), o que facilita a identificação de padrões de relevo na área de estudo. Esta abordagem, não só enriquece o entendimento dos processos naturais que envolvem a bacia, como também fornece uma base sólida para a implementação de estratégias e a criação de medidas de segurança, na gestão ambiental da região, contribuindo para o bem-estar da população local. Tal metodologia está resumida no fluxograma da Figura 1.

Fluxograma metodológico



FIGURA 1 - Fluxograma Metodológico. Elaboração própria.

RESULTADOS

As regiões das bacias hidrográficas são separadas, a partir de suas características geográficas e topográficas, que atuam como receptores das águas da chuva e drenam, em direção a um rio principal e seus afluentes (Goldenfum, 2001 *apud* Pollo *et al.* 2018). A BH do Rio Marimbondo está localizada na região oeste do município de São Gonçalo, tendo como bacias limítrofes, as do rio das Pedrinhas e do rio Brandoas. A bacia possui uma área de 3,37 km² e engloba os bairros do Patronato, Porto Novo, Parada Quarenta, Porto da Madama, Porto Velho, Paraíso, Barro Vermelho, Santa Catarina e Mangueira (Figura 2).

O principal corpo hídrico da bacia tem uma extensão aproximada de 2,15 km e área de drenagem de 3,2 km². Seu deságue é feito na Baía de Guanabara (Anadrade *et al.*, 2010).

A ocupação urbana interage diretamente com o ecossistema das bacias hidrográficas, tornando-se uma variável complexa, que se mostra primordial, na análise e no planejamento territoriais, para o entendimento da dinâmica de inter-relação que se tem com a população. Ao considerar as condições das bacias hidrográficas do município de São Gonçalo, Andrade e Ribeiro (2012) analisam o Plano Municipal de Redução do Risco do Município de São Gonçalo (PMRR) (São Gonçalo, 2006) e concluem diversas problemáticas, que se traduzem também na área de estudo aqui apresentada, sendo estas, principalmente, o alto índice de uso e ocupação do solo, invadindo as margens dos rios, a canalização e retificação de trechos dos rios, a ausência de áreas verdes (que podem contribuir para a infiltração das águas da chuva) e o assoreamento dos rios.

As características geomorfológicas da BH do Rio Marimbondo são outro fator que, quando somados aos fenômenos naturais, podem contribuir para os desastres, sendo os mais comuns, as inundações, os alagamentos e os deslizamentos, o que eleva o grau de vulnerabilidade e de risco da população local. A percolação, da água da nascente até seu deságue, apresenta dificuldades, agravadas pela intervenção humana (Salgado; Silva, 2013 *apud* Moraes, 2017).

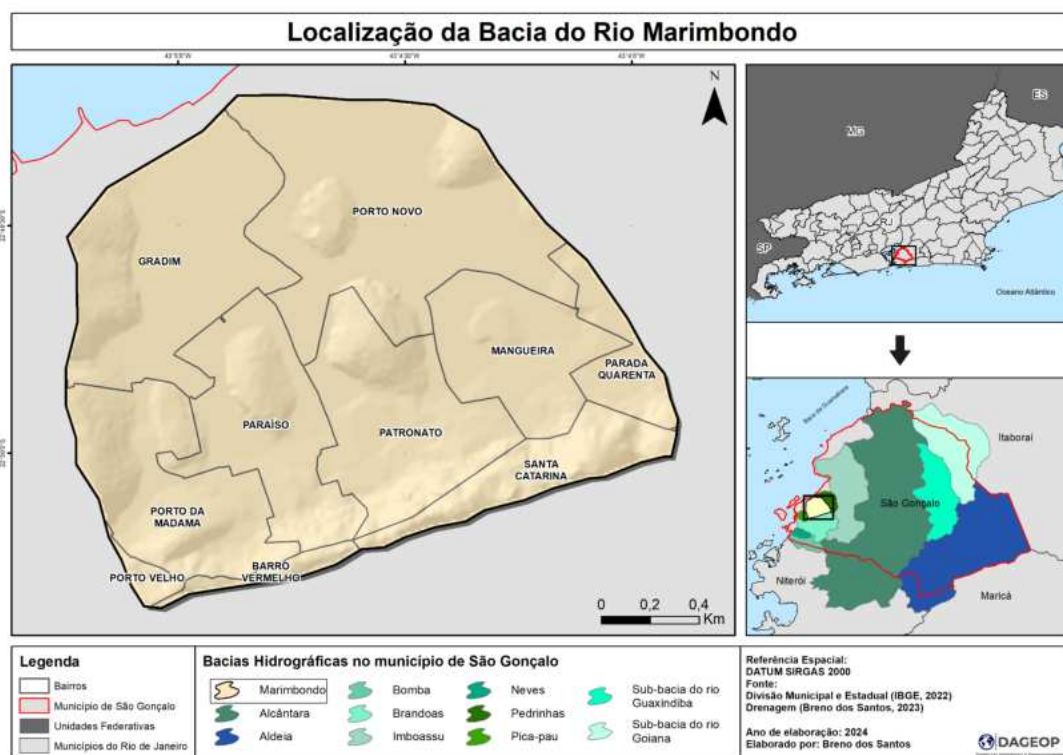


FIGURA 2 - Localização da área de estudo da Bacia do Rio Marimbondo. Elaboração própria.

Mensurar a região, por meio de ferramentas de geoprocessamento, resulta em compilar diversas informações, como características físicas, propensões a certos eventos, a inter-relação com o ambiente urbano, entre outros fatores, a fim de representar espacialmente esses fenômenos, tornando viável a melhoria do conhecimento da região, ou seja, possibilitando melhor gestão e planejamento da área (Silva; Medeiros, 2017 *apud* Pollo *et al.*, 2018).

Assim, o processo de urbanização provoca, no escoamento pluvial da bacia urbana, impactos claros no ciclo hidrológico natural, devido às drenagens inadequadas e às superfícies impermeabilizadas, fato esse, que tem diminuído o escoamento subterrâneo e ampliado o superficial (Tucci, 1999). A compartimentação geomorfológica (Figura 3) pode ser considerada como um dos recursos para auxiliar o entendimento e, até mesmo, a redução de desastres naturais. Isso ocorre porque tal tipo de mapeamento temático possibilita a compreensão da evolução do relevo de uma região e subsidia a definição de áreas de risco, o que constitui parte dos objetivos deste trabalho (Silva, 2015).

O procedimento técnico utilizado levou em consideração a metodologia de compartimentação topográfica, idealizada por Meis *et al.* (1982) e refinada por Silva (2002). Para melhor se adequar ao estudo, foram feitas adaptações referentes aos dados e as nomenclaturas, bem como, os intervalos propostos pelos autores acima. É perceptível que a BH do rio Marimbondo pode ser caracterizada principalmente por morros isolados, planícies flúvio-marinhas e superfícies coluvionares, assim como uma baixa declividade (Bertolino *et al.*, 2015).

Por meio da compartimentação geomorfológica, é possível analisar que a bacia é composta por cerca de 70% de planícies flúvio-marinhas, caracterizadas por uma topografia plana, horizontal e sub-horizontal, com altitudes variando de 0 a 15 metros. Essa configuração torna a região mais suscetível a alagamentos, especialmente, quando exposta a chuvas intensas. O excesso de água, aliado à baixa declividade dos canais fluviais e às intervenções humanas, dificulta o escoamento, aumentando significativamente o potencial de ocorrência de inundações e alagamentos. (Salgado; Silva, 2013 *apud* Moraes, 2017).

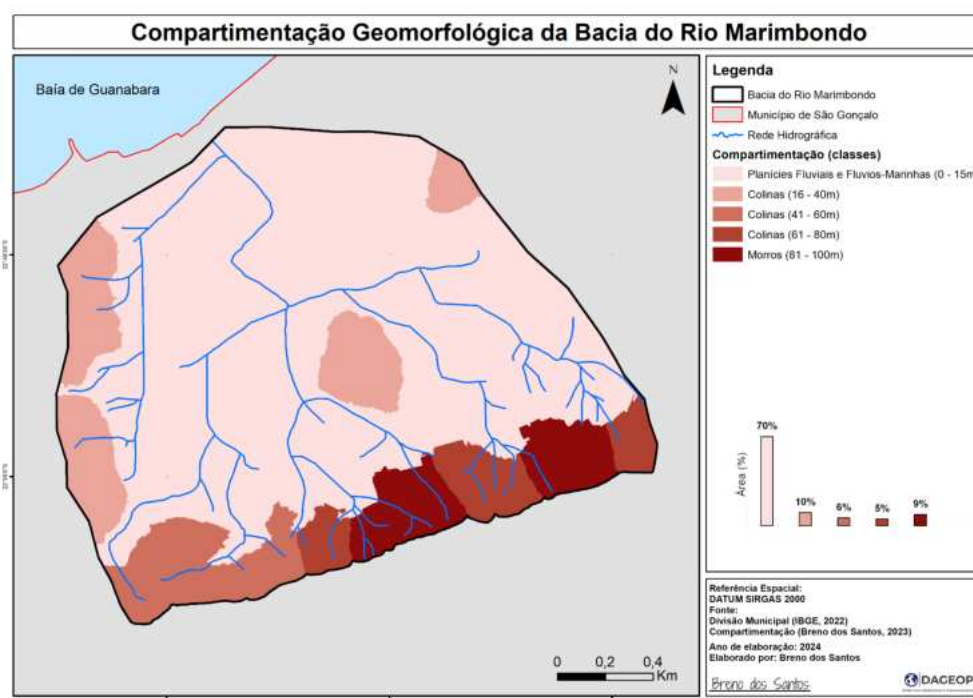


FIGURA 3 - Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Marimbondo. Elaboração própria.

Nas áreas de colinas (caracterizadas por topos suaves) e nos morros (com encostas mais íngremes) os riscos estão voltados para os movimentos de massa, que são acentuados pela intensidade das chuvas e pela ocupação irregular dessas regiões. Esse cenário torna a população residente nessas áreas mais vulnerável a deslizamentos e outros eventos relacionados (Gráfico 1).

GRÁFICO 1 - Registro de movimentos de massa e ocorrências hidrológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Marimbondo, de 2004 a 2023. Elaboração própria.



Fonte: Defesa Civil (2023).

De acordo com os dados providenciados pela Defesa Civil (Gráfico 1), de 2004 a 2023, foram registradas 85 ocorrências de deslizamentos na região da bacia, sendo predominantemente deslizamentos de encosta e deslizamentos de blocos, que ocorrem nas encostas dos maciços

montanhosos e em morros isolados, gerando situações de grandes perdas para a população, que se encontra próximo a esses locais, também bastante urbanizados (Bertolino *et al.* 2015). Quanto às ocorrências hidrológicas, que englobam inundações e alagamentos, a BH do rio Marimbondo sofre principalmente devido ao alto grau de urbanização, com um marco de 13 ocorrências, somente em 2023.

O perfil de precipitação do município representa outro fator de peso, que contribui para o aumento da suscetibilidade a movimentos de massa na região da BH do rio marimbondo, segundo Bertolino *et al.* (2015) a frequência das chuvas de baixa intensidade e longa duração saturam o solo, devido à umidade antecedente acumulada, tornando-o propício aos movimentos de massa.

CONCLUSÕES

A utilização do mapeamento e do monitoramento como um mecanismos para o estudo e a prevenção da região, contribui, de forma positiva, para a prevenção dos prejuízos acarretados pelos desastres naturais, afinal, conhecer seu entorno e os problemas recorrentes do local, para a população, é de grande valia, e para o município, é uma ferramenta de auxílio para o planejamento futuro da região. Moraes (2016) destaca a importância de ter um perfil traçado da cidade, pois possibilita reconhecer as áreas de maior vulnerabilidade, podendo orientar e alertar a população. Os desastres naturais podem ser agravados de diferentes formas, principalmente, devido ao processo de transformação antrópica do ecossistema, nos espaços urbanos, como no caso da BH do Rio Marimbondo, que, assim como todo o município de São Gonçalo, possui áreas de encostas degradadas, invasão das faixas marginais dos rios (com construções irregulares) e poluição do meio ambiente (Andrade *et al.*, 2010 *apud* Moraes, 2016).

Nesse contexto, ao analisar a Figura 3, é possível identificar locais da BH do rio Marimbondo, que pertencem às regiões de planícies fluviais e fluviomarinhas, sendo mais suscetíveis às ocorrências hidrológicas, como inundações e alagamentos, especialmente, durante períodos de chuvas intensas. Cerca de 70% da BH do rio Marimbondo é composta por planícies fluviais, o que torna essas áreas, particularmente, vulneráveis. Além das planícies, as colinas e os morros presentes na BH em questão, são áreas que também demandam atenção especial. Essas formações topográficas, com declives acentuados, são propensas às instabilidades do solo, especialmente, quando expostas às chuvas intensas e contínuas, tornando a sua suscetibilidade muito alta a movimentos de massa, como a deslizamentos.

O mapeamento, portanto, pode contribuir de diversas maneiras para o direcionamento das expansões urbanas, para o desenvolvimento de medidas preventivas e para a difusão do conhecimento, obtido pelos cidadãos; com a possibilidade de trabalhar com esses materiais em escolas, a fim de que os alunos possam conhecer melhor o seu entorno, entender o porquê de tal evento acontecer na região e, somado a isso, conhecer as formas de prevenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, T.A.G.; RIBEIRO, J.C.F.; SILVA, E.R.; MATTOS, U.A.O; NASCIMENTO, E.A. A Integração de Políticas Públicas na Ação contra Enchentes em Bacias Hidrográficas Antropizadas: O Caso do Município de São Gonçalo, RJ. *In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, Rio de Janeiro, 2010.
- ANDRADE, T.A.G.; RIBEIRO, J.C.F. Gestão de bacias hidrográficas urbanas: estudo das bacias hidrográficas no município de São Gonçalo – região hidrográfica da Baía de Guanabara. *In: SANTOS, M.G. (org.). Estudos Ambientais em Regiões Metropolitanas: São Gonçalo*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012. p. 167-190.
- BERTOLINO, L.C.; BERTOLINO, A.V.F.A.; LEMES, M.W.; MERAT, G.S. Análise dos deslizamentos em São Gonçalo – Rio de Janeiro: uma abordagem multi-escalar. *Geografias*, Belo Horizonte, edição especial, v. 2, 2015.

- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE**. Brasília, 2012.
- CARVALHO, A.T.F. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 42, p. 140-161, jan.-jun. 2020.
- CHRISTOFOLETTI, A. Caracterização do Sistema Ambiental. In: CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher. 1999. p. 35-50.
- DGDEC (Departamento Geral de Defesa Civil do Rio de Janeiro). <http://www.dgdec.defesacivil.rj.gov.br>
- GOLDENFUM, J.A. Pequenas bacias hidrográficas: conceitos básicos. In: PAIVA, J.B.D. (org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico do Brasil de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado do rio de janeiro**. R3-A - temas técnicos estratégicos; RT-03 - Vulnerabilidade a Eventos Críticos. v. 1. Rio de Janeiro: Fundação COPPETEC; Secretaria de Estado do Ambiente - SEA; Instituto Estadual do Ambiente - INEA, 2014.
- MACHADO, K.P.; AFONSO, A.E. Prevenção de desastres naturais no ensino básico de geografia: uso de cartilhas. In: **14º Encontro Nacional de Prática de Ensino de Geografia**, Universidade Estadual de Campinas, 29 de junho a 4 de julho de 2019. p. 1613-1622.
- MEIS, M.R.; MIRANDA, L.H.G.; FERNANDES, N.F. Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**, 32, Salvador, set. 1982, p. 1489-1509.
- MEDEIROS, J.S. de.; CÂMARA, G. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 289 - 324.
- MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 10, Paraná, Editora UFPR, 2004. p. 139-148.
- MORAES, T.S. de. Mapeamento e monitoramento: ferramentas preventivas em prol da redução de desastres no município de São Gonçalo/RJ. 2017. 70f. Dissertação (Mestrado em Defesa e Segurança civil) - Programa de pós graduação em defesa civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.
- MORAES, T.S. de; MIRANDA NETO, M.I. de. O aporte da defesa civil no mapeamento e monitoramento frente às principais ameaças de origem natural em São Gonçalo/RJ. In: **Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres**, Paraná, ed. I, p. 1-14, 2016.
- PIMENTEL, J.; FERREIRA, C.E.O.; TRABY, R.D.J.; DINIZ, N.C. **Comunidade mais segura: mudando hábitos e reduzindo os riscos de movimentos de massa e inundações**. Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, 2007. 27p.
- POLLO, R.A.; SILVA, C.O.F.; RODRIGUES, M.T.; CARDOSO, L.G.; RODRIGUES, B.T. Geotecnologias aplicadas ao manejo de bacias hidrográficas: o caso da bacia do rio lavapés em botucatu (SP). In: Américo-Pinheiro, J.H.P.; Benini, S.M. (org.). **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Tupã: ANAP, 2018. p. 57-71.
- RANGEL, E.I.; PEREIRA, B. dos S.C.; SILVA, I.H.C. Análise espacial em estudos ambientais: diagnóstico e prevenção de desastres naturais na porção leste da região Hidrográfica da Baía de Guanabara. In: **14º SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Corumbá, MS, 2023.
- SÃO GONÇALO (município). **Plano Municipal de Redução de Risco do Município de São Gonçalo (PMRR)**. Convênio entre a Prefeitura Municipal de São Gonçalo e a Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense (UFF), 2006.
- SALGADO, C.; SILVA, E.N.M. Percepção Ambiental de Alunos do Ensino Básico de São Gonçalo (RJ) em relação às Bacias Hidrográficas. Uberlândia. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 48, dez. 2013, p. 120-133.

- SILVA, I.H.C. **Metodologia de avaliação da suscetibilidade a inundações em zonas costeiras tropicais por integração de dados fisiográficos e de sensoriamento remoto por radar**. 2015. 204f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.
- SILVA, T.M.A. **Estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no estado do Rio de Janeiro**. 2002. 265f. Tese (Doutorado em geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- SILVA JÚNIOR, A.R. da; RANGEL, E.; SILVA, I.H.C. da. O uso das geotecnologias no estudo de desastres naturais e seu impacto na população da porção leste da região hidrográfica da baía de Guanabara. *In: VI Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 2022.
- TUCCI, C.E.M. Aspectos institucionais no Controle de Inundações. *In: I Seminário de Recursos Hídricos do Centro-Oeste*, Brasília, 1999.

CAPÍTULO 36

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VACINAÇÃO DE COVID-19 NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Jonathan Oliveira Bastos¹
Anna Clara de Abreu Amorim¹
Davi Afonso Boechat¹
Phillipe Valente Cardoso¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UFRJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP). Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. jonathanoliveira5@gmail.com; claraamorim77@gmail.com; afonsodavi@hotmail.com; valente@gmail.com.

RESUMO

A proliferação da COVID-19 foi originada em Wuhan (China), em dezembro de 2019, e declarada pela Organização Mundial da Saúde como uma Pandemia, ou seja, uma epidemia de dimensão global, em março de 2020. No Brasil, os primeiros casos registrados foram no final de janeiro e início de fevereiro de 2020. O Brasil é o 3º país com o maior número de casos e o 2º país com o maior número de óbitos registrados, cerca de quase 670 mil óbitos registrados, durante todo o período da Pandemia, sendo uma das maiores crises sanitárias do país. O Rio de Janeiro foi um dos estados que mais sofreu, com a COVID-19, apresentando uma característica semelhante a outros espaços no mundo: uma explosão de casos nas grandes concentrações populacionais e, posteriormente, uma difusão nos espaços menos populosos. Nesse sentido, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) concentrou a explosão de casos e óbitos do estado, fazendo com que houvesse uma necessidade na compreensão rápida do comportamento do vírus, na tentativa de ser realizada a gestão para o controle infeccioso. Diante disso, a geografia, em conjunto com técnicas e práticas do geoprocessamento, se faz essencial, na obtenção de dados espaciais do comportamento do vírus, principalmente, a concentração espacial de número de casos registrados e, a partir disso, é capaz de analisar como se desenrolou espacialmente o período de vacinação em toda a RMRJ.

Palavras-chave: vacinação; COVID-19; geoprocessamento; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

The proliferation of COVID-19 originated in Wuhan (China), in December 2019, and was declared by the World Health Organization as a pandemic event, in March 2020. In Brazil, the first cases were recorded in late January and early February of the same year. Brazil is the 3rd country with the highest number of cases and the 2nd country with the highest number of recorded deaths, with almost 670,000 deaths recorded throughout the pandemic period, making it one of the country's biggest health crises. Rio de Janeiro was one of the states that suffered most from COVID-19, showing a similar characteristic to other areas of the world: an explosion of cases in large concentrations and then a spread to areas with a smaller population. In this sense, the Fluminense Metropolitan Region concentrated the explosion of cases and deaths in the state, making it necessary to quickly understand the behavior of the virus in an attempt to manage the infectious control caused by the strain. In view of this, geography, together with geoprocessing techniques and practices, is essential for obtaining spatial data on the behavior of the virus, especially in the spatial concentration of the number of registered cases, from which it is possible to analyze how the vaccination period unfolded spatially in the metropolitan region of the state.

Keywords: vaccination; COVID-19; geoprocessing; Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

A epidemia causada pela COVID-19, com sua origem epidemiológica na China, em dezembro de 2019, rapidamente, se espalhou globalmente com o fluxo migratório de pessoas que saíam da China em direção às grandes metrópoles mundiais. No Brasil, devido a uma resposta lenta para o

fechamento das vias aéreas, os primeiros casos foram registrados em fevereiro de 2020, nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, de pessoas que estavam vindo principalmente da Itália, que estava sofrendo com uma explosão de casos nos meses iniciais de 2020. Segundo a Fiocruz (2020), o comportamento da COVID-19 no Brasil segue os padrões observados em outros países, onde o processo de difusão de casos se deu inicialmente nos grandes centros urbanos, por meio da circulação aérea doméstica e, posteriormente, disseminado em cidades interioranas pela malha rodoviária.

A disseminação da COVID-19 no território brasileiro fez com que o sistema de saúde colapsasse, em vista do aumento exponencial do número de casos; o número de leitos das unidades de tratamento intensivo foram insuficientes para o atendimento de toda aquela massa de doentes. Devido à epidemia ter sido de caráter global (Pandemia), com altos índices de óbitos, em todo mundo, mas, em especial no Brasil, que registrou mais de 700 mil mortos, sendo o segundo com país com o segundo maior número de óbitos; havendo um anseio e pressão para o início de sua vacinação. A vacinação no país deu-se a partir de janeiro de 2021, com prioridade para os chamados 'grupos de risco', que eram o principal grupo afetado pelo vírus. O grupo de risco era caracterizado por idosos, pessoas portadoras de doenças crônicas e pulmonares e gestantes.

O conceito de *fixos e fluxos*, discutido geograficamente por Santos (1978), é essencial para a compreensão da organização do espaço geográfico. Nesse sentido, os fixos possuem um caráter interligado entre a função e a forma, como casas, teatros, pontes, shoppings e escolas; enquanto os fluxos estão interligados à função e ao processo. Ou seja, há uma relação de dependência entre os fixos e os fluxos. A análise desses fluxos e fixos no espaço geográfico mostrou-se fundamental, na adoção das políticas públicas, durante a Pandemia, como a construção de fixos, como os hospitais de campanha em pontos estratégicos para uma facilidade no acesso do fluxo de pessoas doentes, como também, o fluxo de insumos, de energia, da mão de obra capacitada na área da Saúde, ou na instalação de pontos de vacinação, espalhados na rede urbana para evitar aglomerações em determinados pontos de vacinação. Além disso, o fluxo informacional foi fundamental para conscientizar a população sobre o comportamento do vírus, em diferentes escalas, seja em escala global, nacional ou local, sendo também, importante para desmentir as notícias falsas, que marcaram o período pandêmico, na tentativa de negar os efeitos do vírus na sociedade.

O conceito de "Direito à Saúde" de Lefebvre (1969) é fundamental para determinar quem possui esse direito e quais indivíduos são abrangidos nesse contexto social. As disparidades socioespaciais, durante a Pandemia, enfatizam a importância do espaço, como um campo de luta política e social, argumentando que a produção do espaço urbano reflete as relações de poder e as dinâmicas sociais, que moldam a vida nas cidades. Desse modo, a vacinação gratuita, nesse período, é resultado da aplicação do direito universal à saúde, auxiliando a análise de garantia desse direito. O geoprocessamento, em particular, desempenha um papel indispensável na representação da realidade, a partir dos dados obtidos, com a produção das cartografias temáticas e as tabelas elucidativas.

Domingues (2021) aponta que a Pandemia gerou crises sanitária, política e econômica. Com essa conjuntura, a comunicação sobre os critérios, destinados à definição de cada grupo prioritário, necessitou ser transparente para o esclarecimento da população, buscando impedir a difusão de informações falsas (*fake news*) e inibir a influência de grupos antivacinas. Além disso, o programa de vacinação teria por objetivo não apenas a proteção individual de cada indivíduo, mas na proteção indireta, por meio da imunização de rebanho, devido à diminuição de vetores de transmissão da doença.

A geografia da Saúde e o geoprocessamento desempenham papéis cruciais, na análise detalhada da vacinação da COVID-19, por meio do uso de diferentes bancos de dados e dos sistemas de informação geográfica (SIG), permitindo assim, mapear a progressão das doses aplicadas. Isso revela não apenas os padrões de crescimento, mas também as condições e os contextos, aos quais foi submetida.

A Região Metropolitana do Rio e Janeiro (RMRJ) (Figura 1) é composta por 22 municípios: a cidade do Rio de Janeiro, sendo a capital do estado do Rio de Janeiro, Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Rio bonito, Duque de Caxias, Itaguaí, Magé, Maricá, Nilópolis, Nova Iguaçu, Paracambi, Cachoeiras de Macacu, São João de Meriti, Guapimirim, Belford Roxo, Mesquita, Seropédica, Tanguá, Queimados, Japeri e Petrópolis (este último, inserido em 2019, após ter sido retirado em 1988). Esta pesquisa tem por objetivo realizar uma análise espaço-temporal, acerca do programa de vacinação na RMRJ, nos anos 2021 a 2023.

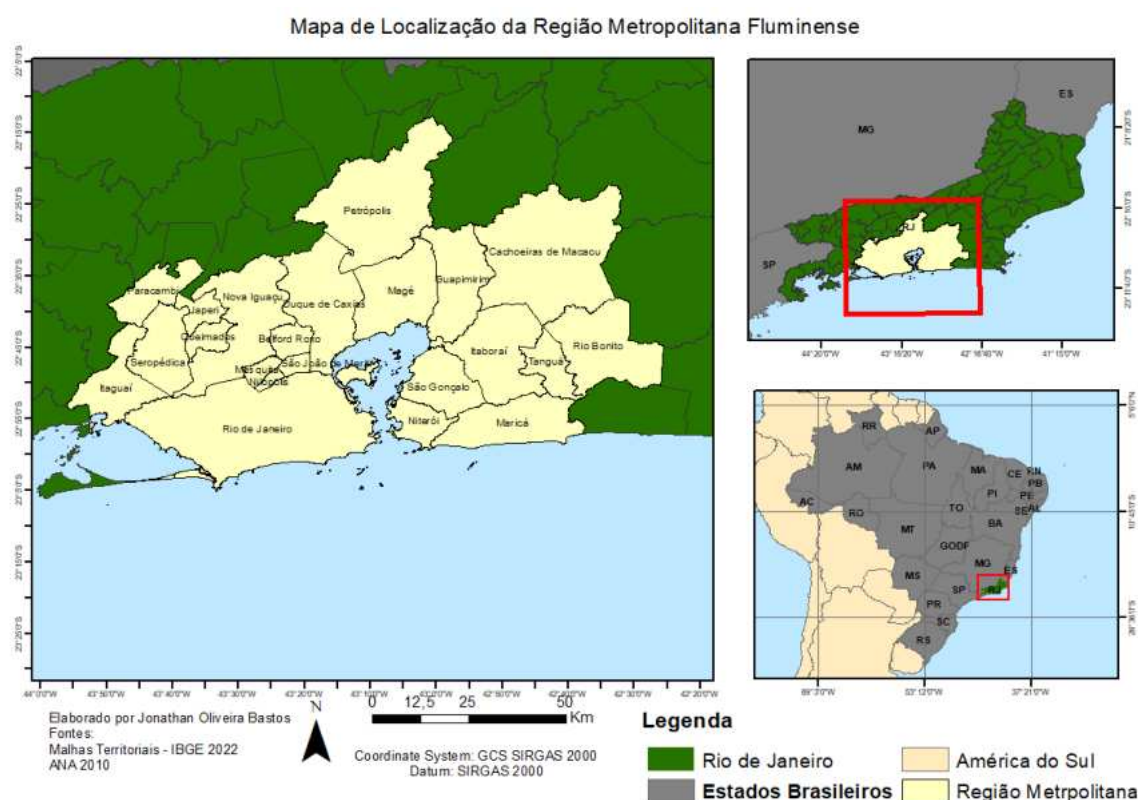


FIGURA 1 - Mapa de Localização da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

METODOLOGIA

Para a realização da análise desta pesquisa, foi utilizada uma metodologia com quatro etapas: coleta de dados, tratamento de dados, produção de gráficos e representações espaciais e a análise dos dados georreferenciados. A primeira etapa, consiste na coleta dos dados, referente ao número total de aplicações da vacina. Também foram coletados dados anuais das aplicações, a quantidade aplicada de cada dose e o número de cada dose aplicada por faixa etária. Esses dados foram coletados na página Web do Ministério da Saúde e os dados coletados da população absoluta no Censo Demográfico de 2022, no dia 4 de maio de 2024. Nesse sentido, cabe destacar que, apesar dos erros encontrados nos dados, quando coletados em uma escala municipal, dividida por bairros, os dados oficiais de cada município possuem melhor qualidade de informações, sem erros de digitação, mas que apresentaram problemas como a subnotificação e os problemas relacionados à dificuldade para os municípios realizarem os testes em pacientes, possivelmente, contaminados pelo vírus. Na segunda etapa, esses dados foram tratados, sendo aproximados e reduzidos para até duas casas decimais. Além disso, foram retirados os municípios, que não fazem parte da RMRJ, analisada na pesquisa. Vale apontar que os dados gerais de cada município não sofreram com problemas, como erros de digitação. Na terceira etapa, foram confeccionados os mapas, sobre as vacinas aplicadas

(totais), vacinas aplicadas (por ano) e o mapa de população absoluta. Além disso, foram gerados gráficos mensais, para estes indicadores, a fim de observar a evolução temporal da vacinação. Por fim, foram realizadas, na última etapa, análises do programa de vacinação.

RESULTADOS

As aplicações das vacinas na RMRJ tiveram início no dia 17 de janeiro de 2021, com grupos prioritários, de acordo com fatores de risco à contaminação pelo vírus. Na Figura 2, é possível observar o número de vacinados, mensalmente. Entre todas as doses na RMRJ, foram aplicadas mais de 31 milhões de doses, ao longo de três anos. É perceptível um salto significativo no número de vacinações, entre os meses de julho e agosto, no primeiro ano de vacinação (2021) e, isso pode ser explicado, pelo fato dessas datas terem sido marcadas pela chegada no país da vacina de dose única, JANSSEN, fabricada pela farmacêutica Johnson & Johnson. Esta vacina teve um grau de aceitação maior pela população, durante todo o período pandêmico, pois tiveram informações falsas, a respeito da vacinação, origem das vacinas e o número de doses. A partir de setembro, houve quedas na vacinação, até o fim do ano, com algumas poucas elevações, devido à aplicação da segunda dose, como observa-se em junho de 2022. Mas os números não voltaram a crescer significativamente. Com o cotidiano retornando ao normal e a normatização da doença, a procura pelas vacinas despencou, como apontam os resultados para o ano de 2023, em que teve uma baixa aplicação. Vale ser apontada a ineficiência de políticas públicas e da propaganda do Governo do Estado, para vacinação, que resulta nessa queda súbita no número de aplicações de vacina.

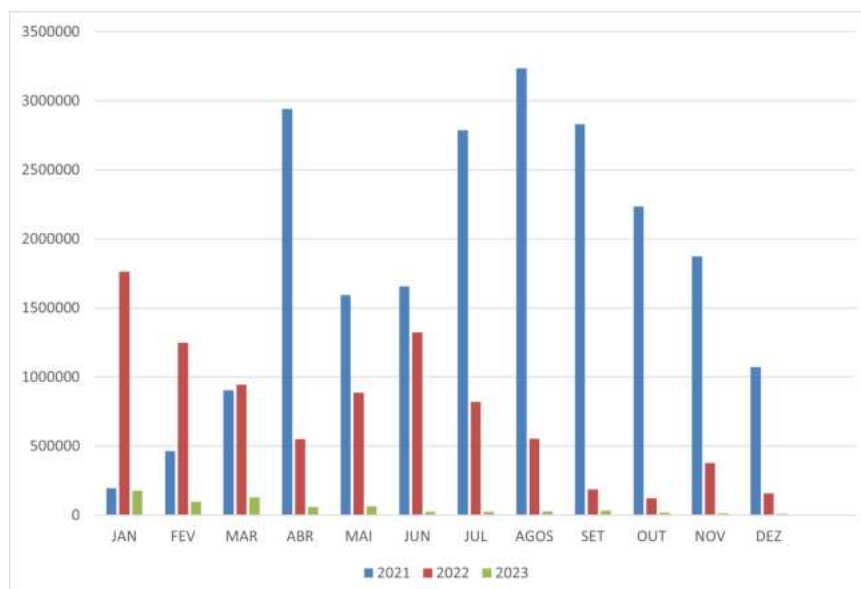


FIGURA 2 - Gráfico de vacinação na região metropolitana do Rio de Janeiro. Fonte: Ministério da Saúde (2024).

Na RMRJ, a análise espacial acerca da procura por vacinas, entre 2021 e 2023, apresenta desigualdades. O Rio de Janeiro foi o município que teve o maior número de doses aplicadas, seguido de Nova Iguaçu, Niterói e São Gonçalo. Isso se dá, pelo fato desses municípios possuírem maiores populações absolutas, em relação a outros municípios da RMRJ, conforme ilustrado na Figura 4. Além disso, como visto na Figura 3, há concentração de unidades de Saúde nesses mesmos municípios. Isso se dá por uma herança histórica, de uma infraestrutura construída, quando a cidade do Rio de Janeiro era Distrito Federal; Niterói era capital do Estado do Rio de Janeiro; São Gonçalo sendo uma cidade populosa, por ser a cidade que abrigava a classe operária, que trabalhava em Niterói e Rio de

Janeiro; enquanto que, Nova Iguaçu foi um dos primeiros municípios que passou por processos de urbanização na Baixada Fluminense. Essa concentração, somada à distribuição por todos esses territórios, faz com que a logística e a distribuição sejam muito mais acessíveis para a população dessas cidades. Em contrapartida, cidades mais distantes desse circuito, possuem maior dificuldade ao acesso à Saúde e também, por possuir uma população residente inferior, registrando menor quantidade de vacinas.

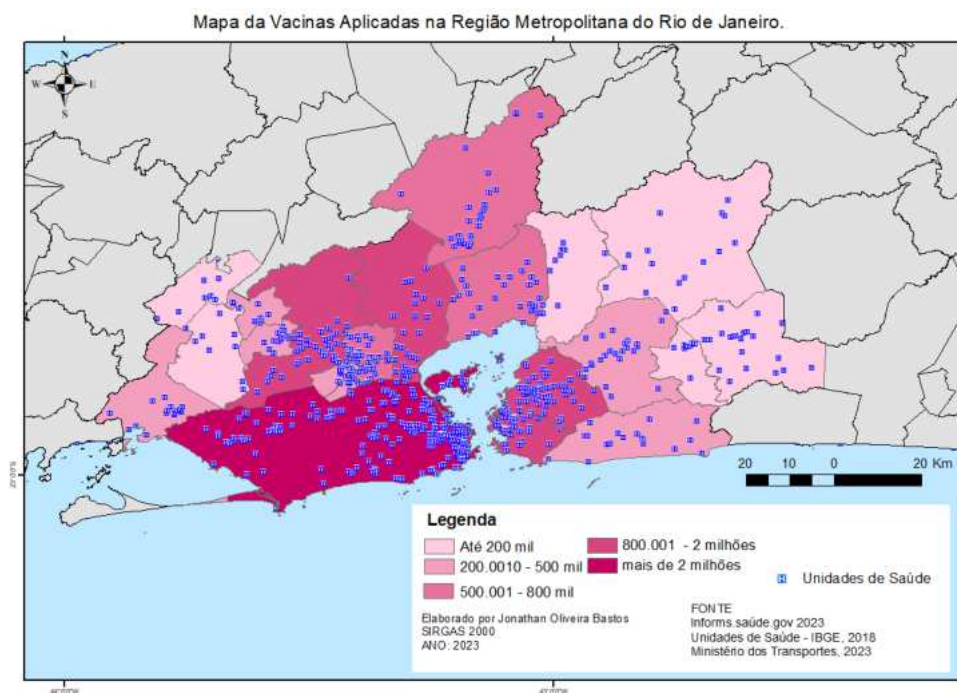


FIGURA 3 - Mapa de vacinas aplicadas na região metropolitana e suas unidades de saúde.
Fonte: Ministério da Saúde (2024).

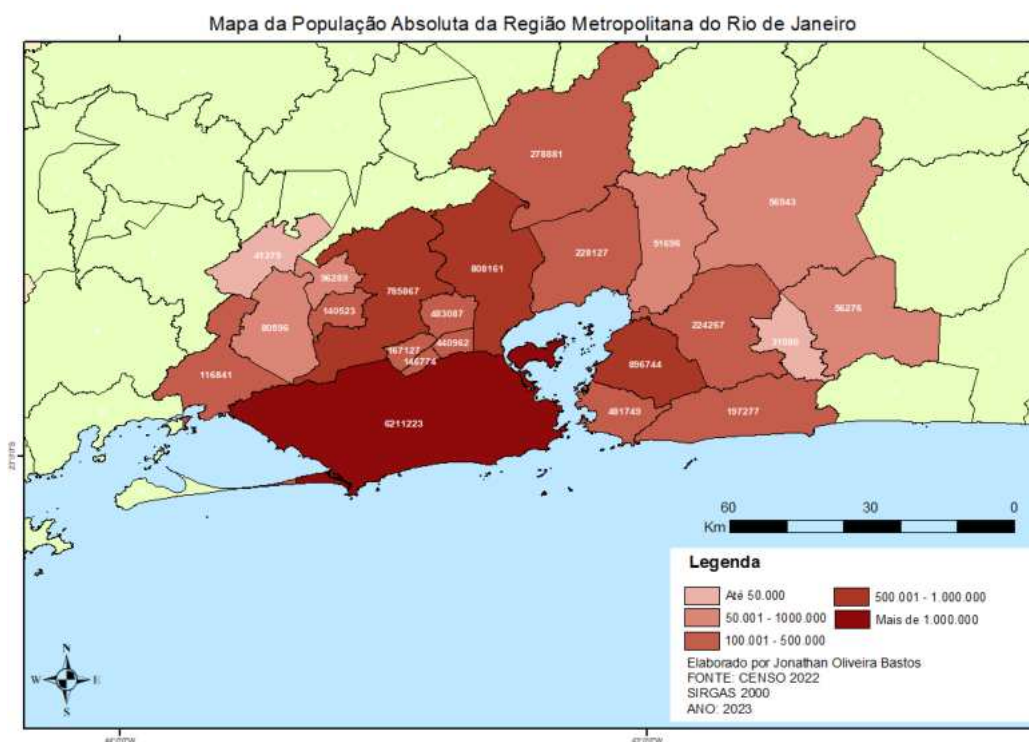


FIGURA 4 - Mapa Populacional da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Fonte: IBGE (2022).

Avaliando as vacinações anuais por municípios da RMRJ (Figura 5), podemos ver um reflexo contínuo da análise anterior. Durante os três anos analisados na pesquisa, foi mantido um padrão na distribuição da vacinação. Entre os municípios que se mantiveram i) com taxas muito baixas de vacinação, encontram-se: Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Tanguá, Guapimirim e Paracambi; ii) com altas taxas: Nova Iguaçu e Duque de Caxias; e iii) com taxas muito altas: Rio de Janeiro, que consegue manter essa média, durante todo o período analisado. No primeiro ano, foram aplicados cerca de 21 milhões de doses, para as mais de 12 milhões de pessoas, residentes na RMRJ. Nos anos subsequentes, as marcas de mais de 9 milhões, em 2022; e 706 mil, em 2023.

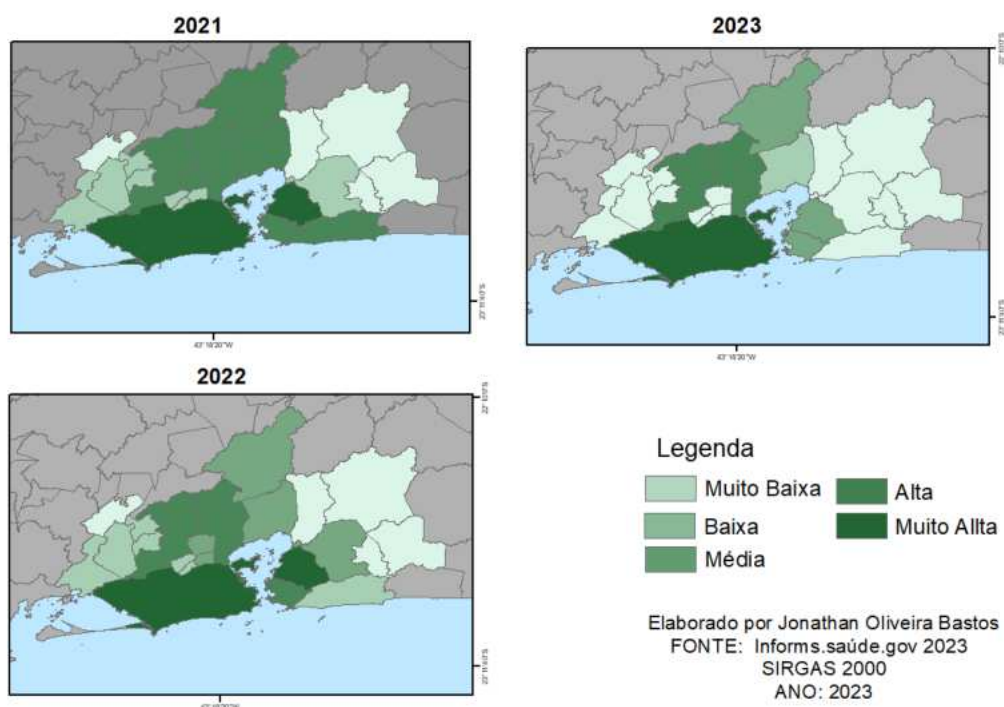


FIGURA 5 - Mapa de Aplicação de doses da Vacina na Região Metropolitana por Ano.
 Fonte: Ministério da saúde (2024).

CONCLUSÕES

A dinâmica pandêmica no país levou ao isolamento social, a novos hábitos de higiene de trabalho e de interação social. Desde o registro do primeiro caso confirmado de COVID-19 no país, a vacina foi um grande tema de debate. De maneira polêmica, rodeada de *fake news*, havia medo, mas também muito anseio pela sua chegada. Enquanto isso, a RMRJ era um dos principais focos de proliferação do vírus. O ano de 2021 marcou o início dessa vacinação e trouxe impactos positivos, no controle do vírus e na tentativa de retorno à vida cotidiana. Durante os três anos que se passaram, foram mais de 31 milhões de doses aplicadas, com uma população estimada de mais de 12 milhões de habitantes na RMRJ. Como consequência, houve a diminuição das hospitalizações, a redução gradativa do número de casos e uma retomada econômica e social; somado a isso, no dia 5 de maio de 2023, a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretou que a Pandemia de COVID-19 deixou de representar uma emergência global, mas que ainda precisava ser controlada e combatida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDOSO, P.V. *et al.* A importância da análise espacial para tomada de decisão: um olhar sobre a pandemia de COVID-19. **Revista Tamoios**, Rio de Janeiro, 2020.
- DOMINGUES, C.M.A.S. Desafios para a realização da campanha de vacinação contra a COVID-19 no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 2021.
- Governo Federal. **Vacina covid-19 da Janssen chega ao Brasil nesta semana**. Gov.br, 14 jun. 2021. <https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2021/06/vacina-covid-19-da-janssen-chega-ao-brasil-nesta-semana>
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico do Brasil de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. Editora Centauro. Itapevi, SP, 1969.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vacinômetro COVID-19**. https://infoms.saude.gov.br/extensions/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19.html
- SANTOS, M. **O espaço dividido**: os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos. São Paulo: Editora Hucitec, 1978.
- SANTOS, M. **Por uma economia política da cidade**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1994.

CAPÍTULO 37

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE POTENCIALIDADE AGRÍCOLA DOS SOLOS E DESFLORESTAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL

Guilherme Christian Chaia Lopes¹
Fernanda Faria Rodrigues da Silva¹
Felipe Gonçalves Amaral¹
Haillany Silva de Souza¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. chaiaguilherme@gmail.com; fernandafariardasilva@gmail.com; f.g.amaral19@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar se pode ou não existir uma possível relação entre potencialidade agrícola das terras e o processo de desflorestamento na área que conhecemos como Novo Arco do Desflorestamento da Amazônia, processando os dados da variável de potencialidade agrícola das terras feita pelo IBGE com dados de outras variáveis, comparando assim aos dados de desflorestamento da Amazônia Legal, dos anos de 1985 até 2022, produzidos pelo MapBiomass. Esta análise foi possibilitada pelo uso do programa Dinamica EGO, tendo o objetivo de encontrar o peso de cada variável, em relação ao processo de desflorestamento na área de estudo, identificando assim se as mesmas seriam permissivas ou impeditivas ao processo. De forma geral, a variável de potencialidade agrícola natural das terras mostrou-se um fator condicionante do processo de desflorestamento na área de estudo.

Palavras-chave: potencialidade agrícola das terras, Amazônia Legal, desflorestamento, geoprocessamento.

ABSTRACT

This work aims to analyze whether or not there can be a possible relationship between the agricultural potential of the land and the process of deforestation in the area that we know as the New Arc of the Deforests of the Amazon, processing the data of the variable of agricultural potentiality of the lands made by the IBGE with data of other variables, comparing thus the deforestation of the Legal Amazon from the years 1985 to 2022, this produced by MapBiomass. This analysis was made possible by the use of the Dinamica EGO program, with the aim of finding the weight of each variable in relation to the deforestation process in the study area, thus identifying whether they would be permissive or impeditive to the process. In general, the agricultural potentiality proved to be a conditioning factor for the deforestation process in the study area.

Keywords: gricultural potential of land; Legal Amazon; deforestation; geoprocessing.

INTRODUÇÃO

O avanço do desflorestamento na Amazônia é um problema que se encontra no centro de muitas discussões, desde o final do último século até os dias atuais, no Brasil e no mundo, ainda mais, levando-se em conta o fato de que cerca de 12,4 Mha foram desflorestados, no período de 1985 a 2020 (Amaral et al., 2022). Com isso, surgiu o questionamento de quais fatores ou variáveis teriam influência nesta questão. Temos também a noção do fato de que a maior parte dessas terras desmatadas (áreas com características de floresta ombrófila densa, aberta, áreas savânicas, de tensão ecológica e outras, de acordo com dados do IBGE, disponíveis no Banco de Dados e Informações Ambientais, BDiA) foram destinadas à pastagem e, posteriormente, ao cultivo agrícola, também corroborado em Amaral et al. (2022). Questiona-se assim, se os fatores que simplificam ou dificultam o desenvolvimento agropecuário dessas terras não poderiam ser condicionantes do avanço do desmatamento nessas áreas.

Desse modo, pensou-se em explorar uma diversidade de variáveis que pudessem ser condicionantes no panorama de desflorestamento na Amazônia Legal, conforme a situação atual. A potencialidade agrícola das terras foi escolhida, pois a mesma evidencia características, que poderiam repelir ou atrair para si, o desflorestamento e o avanço da fronteira agrícola. De acordo com o IBGE (2023), “o mapa de Potencialidade Agrícola Natural das Terras analisa de forma simples e objetiva a real potencialidade natural das terras brasileiras, importante para direcionar o conhecimento para planejadores”, ou seja, vemos uma relação entre potencialidade agrícola e o próprio ordenamento do território, no que tange às áreas a serem exploradas pela prática agrícola.

O objetivo geral deste trabalho é analisar a possível relação entre o potencial agrícola dos solos e o desflorestamento na área que compreende a Amazônia Legal brasileira, utilizando, como área de estudo, uma área contígua dos municípios mais desflorestados da Amazônia Legal. Este trabalho busca compreender os pesos das variáveis no processo de desflorestamento nessa área de estudo e entender quais classes de potencial agrícola natural das terras estão nas áreas mais afetadas pelo processo de desflorestamento.

METODOLOGIA

Para este trabalho, a área de interesse é o Arco do Desflorestamento da Amazônia. O limite escolhido representa uma atualização desse Arco, que é definido como “a área da Amazônia Legal com uma alta taxa de desflorestamento no início dos anos 2000” (Amaral *et al.*, 2022) e monitorado pelo INPE. De acordo com a os dados recentes do INPE e dos diversos mapeamentos secundários do desflorestamento da área, houve um processo de interiorização e consolidação do desflorestamento, para além da área original do arco, construído conceitualmente com dados do início dos anos 2000, tendo assim, novas flechas de supressão (Figura 1A). Sendo assim, a área do novo limite busca abranger as áreas para onde este processo avançou, considerando os municípios mais desmatados, dentro da área que compreende a Amazônia Legal, em 2020, de acordo com o INPE. O novo arco é separado em 3 partes (Figura 1C), sendo elas, definidas de acordo com as mesorregiões do IBGE. As mesorregiões apresentam diferentes níveis e idades (consolidação e novas frentes) de desflorestamento, o que, por hipótese, pode representar uma variação de pesos, em relação às variáveis que dão lógica ao processo de desflorestamento. A divisão sul do arco é uma área com desflorestamento mais consolidado e antigo, caracterizado pela expansão agrícola. A divisão norte do arco apresenta um processo de desflorestamento mais recente, enquanto a divisão leste é caracterizada pela consolidação de espaços não florestados.

O dado de potencial agrícola utilizado é o do IBGE, que apresenta cinco classes de aptidão (A1, A2, B, C e D), além de corpos d’água e áreas urbanas (Figura 2). As classes são definidas pelo IBGE, de acordo com fatores naturais. Sendo assim, foram levados em consideração, fatores como: fertilidade, declividade, permeabilidade e profundidade do solo. As classes D e Área Urbana foram unidas, pois todas estas classes apresentam áreas que, a princípio, configurariam pouco interesse para a prática agrícola. Este dado foi cruzado com o dado de cobertura florestal, reclassificado, a partir das classes advindas do MapBiomass, no programa de modelagem Dinamica EGO (Oliveira; Soares-Filho; Costa, 2007), criado pela UFMG, permitindo a modelagem de dados e a previsão de cenários. O dado de cobertura compreende o ano de 1985 e o ano de 2022, assim compreendendo as supressões consolidadas nesse período.

Novo Arco do desmatamento da Amazônia

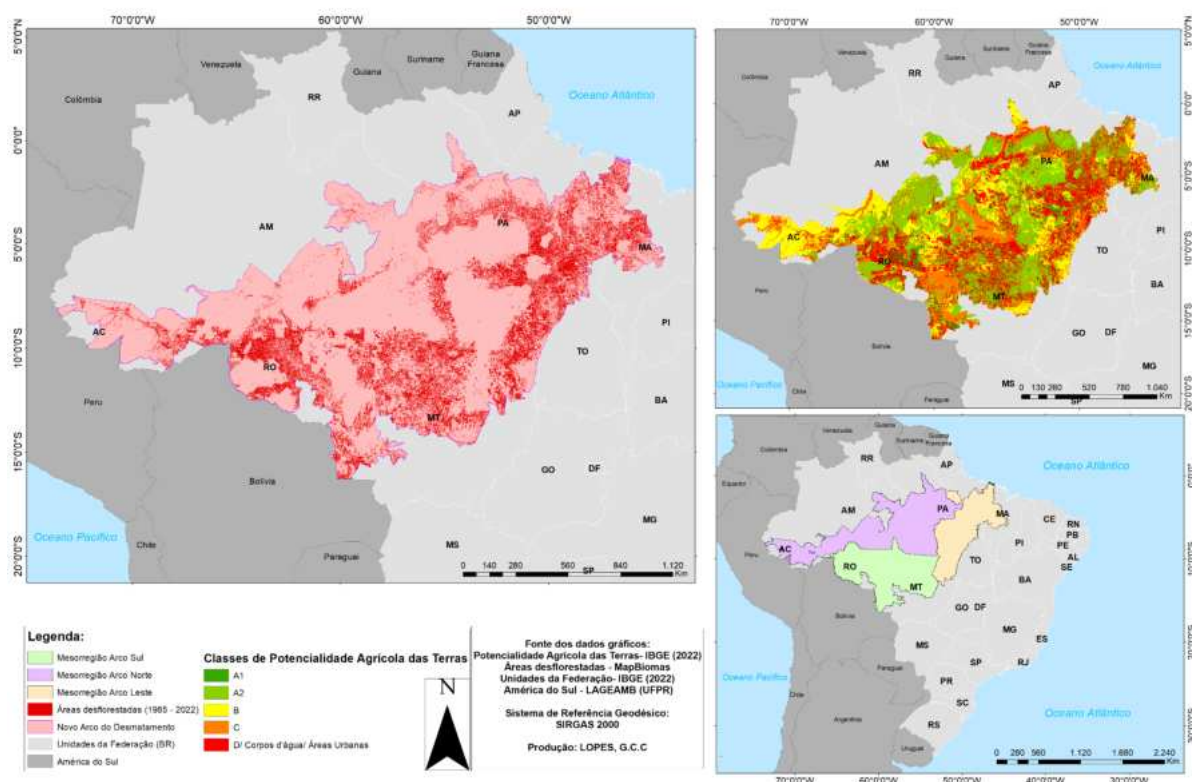


FIGURA 1 - A) Mapa de desflorestamento do Novo Arco, entre 1985 e 2022; B) Mapa de potencialidade agrícola natural das terras e desflorestamento no Novo Arco; C) Mapa das mesorregiões (Norte, Sul e Leste) do Novo Arco. Elaboração própria.



FIGURA 2 - Classes de potencialidade agrícola natural das terras. Fonte: IBGE (2020).

O dado das classes de potencialidade agrícola natural das terras, originalmente, em formato vetorial, foi convertido em um dado matricial (*raster*) e unido com as outras variáveis (essas, também convertidas para o formato *raster*) e compondo assim o que a bibliografia denomina como *cubo raster*, “o qual é formado por mapas de variáveis estáticas. Estes mapas são utilizados na etapa de calibração e ajudaram o modelo a entender onde ocorrerão as transições calculadas pela equação” (Model, 2016). As outras variáveis (rodovias, unidades de conservação e outras) foram usadas para ponderar a força da variável de potencialidade agrícola no sistema. Após isso, colocamos no cubo

raster no *software* Dinamica EGO, onde foi cruzado com os dados de cobertura do MapBiomass e, a partir das transições de floresta para não floresta, foi identificado o peso de evidência de cada variável, diante do processo de desflorestamento e de mudança da paisagem. Podemos ver os dados de potencialidade agrícola das terras do Novo Arco do Desmatamento, referentes às mesorregiões do arco e do desflorestamento na área de estudo, considerando o período de 1985 até 2022 (Figura 1B).

O processamento dentro do *software* gera um dado em planilha com o peso de cada variável em relação ao processo de desflorestamento. Neste caso, fizemos uma análise do peso pela área geral do arco do desflorestamento e também, pela divisão proposta. Dentro da bibliografia, quanto mais elevados forem os valores para positivo, mais “permissiva” ao processo analisado é aquela variável, enquanto que, quanto maior o valor para negativo, mais “impeditiva” ao processo é a variável (Viegas; Vaz; Cruz, 2023) e, quando próxima ao zero, vemos a variável como nula ao processo, não interferindo. Utilizando a divisão por mesorregiões do arco, foi possível identificar se existiria uma regionalização dos pesos das variáveis. Podemos ver a metodologia no fluxograma feito (Figura 3).



FIGURA 3 - Fluxograma da metodologia. Elaboração própria.

RESULTADOS

De modo geral, a classe com maior potencialidade agrícola natural das terras (A1) se mostrou mais permissiva ao processo de desflorestamento, em comparação às outras classes de potencialidade (Figura 4A). Na área total do Arco do Desflorestamento da Amazônia, a classe de maior aptidão apresentou forte permissibilidade, em comparação às outras classes de aptidão. Caso comparemos com as outras variáveis, o valor da classe de maior potencialidade (A1) só foi menor que “rodovias estaduais” em até 2 km e “outras rodovias”, também até 2 km. Ou seja, na área total do arco, a classe com maior potencial agrícola apresentou valor de permissibilidade, parecido com as áreas mais próximas às rodovias estaduais e outras rodovias, sendo essas, as variáveis com maior valor de permissibilidade. Caso comparada com áreas além de 2 km, destas mesmas variáveis (rodovias estaduais e outras rodovias), além de rodovias federais, no geral, o valor da melhor classe de potencial apresenta valor maior. A2 e B são próximas ao nulo, em relação ao peso, porém, as classes C e D/áreas urbanas (classes de baixa potencialidade), se mostram como impeditivos ao processo.

Na divisão Sul do arco (Fig. 4B), houve um comportamento um pouco parecido com a área total. As áreas com classe de menor potencial (C e D/áreas urbanas) foram mais impeditivas ao processo de desflorestamento, assim como, na área total do arco. Tivemos as classes com melhor/moderada potencialidade, como permissivas ao processo. A classe de melhor potencialidade (A1) se destaca novamente como um valor bem alto, até mesmo, quando comparado às outras variáveis, o que pode fazer sentido, no momento em que sabemos que, nesta área, temos uma expansão da fronteira

agrícola. De acordo com Amaral *et al.* (2022), a área que compreende a divisão Sul é a que possui a maior transformação da paisagem e a que possui atualmente a maior entrada da agricultura na região. As transições da floresta para outras classes de uso se mostrou forte principalmente nas classes de agricultura e pastagem e, regionalmente, forte para a entrada da agricultura, principalmente, da soja.

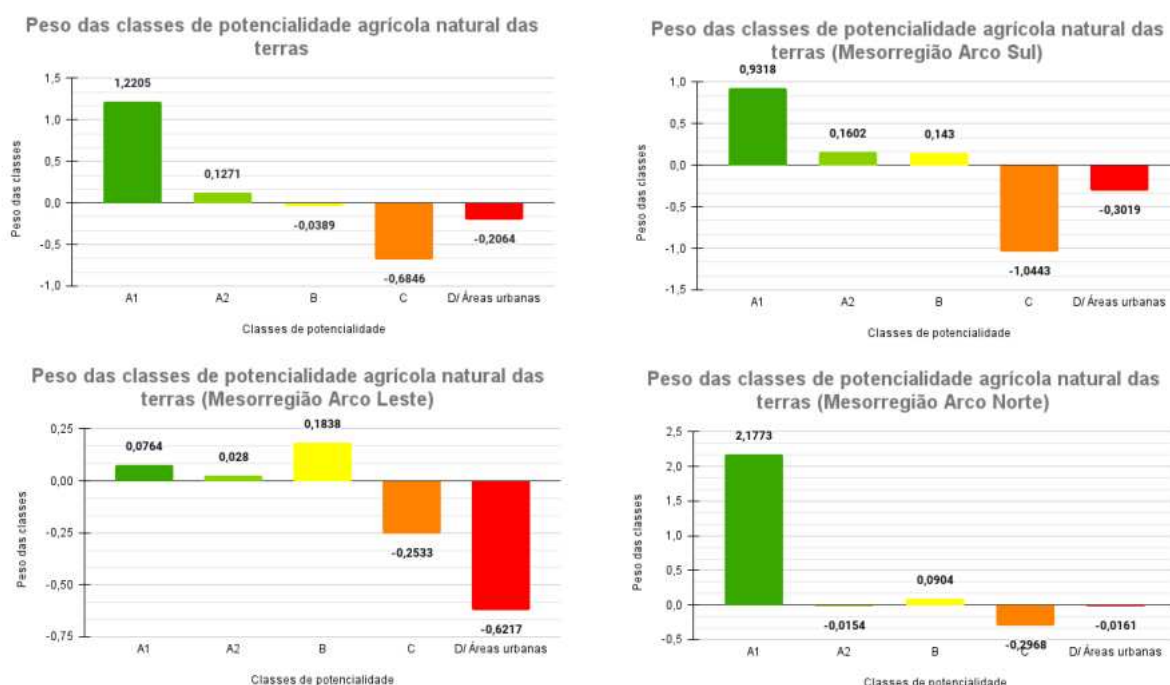


FIGURA 4 - A) peso das classes pela área total do arco; B) peso das classes na divisão Sul do arco; C) peso das classes na divisão Leste do arco; e D) peso das classes na divisão Norte do arco. Elaboração própria.

Na divisão Leste do arco (Fig. 4C), já tem-se um panorama pouco diferente. As classes de melhor/moderada aptidão não são tão relevantes, diante do processo, com a classe moderada (B) tendo o maior peso de permissibilidade. No entanto, vemos um peso elevado no que tange a impeditibilidade ao processo na classe de menor potencialidade (D/Áreas Urbanas). Caso comparemos com outras variáveis, esta classe não foi tão impeditiva assim, porém, foram os maiores valores de impeditibilidade, dentro da variável de potencialidade agrícola natural das terras. Esse resultado precisa ser lido frente ao próprio processo temporal do desflorestamento. A área possui uma consolidação forte do desflorestamento, anteriormente a 1985, e entende-se que as áreas de maior potencialidade já tinham sofrido supressão. Uma maior exploração nessa área terá que ser realizada, até para compreender como os remanescentes em 1985 estavam espacializados, frente à potencialidade.

Na divisão Norte do arco (Fig. 4D), observa-se outro cenário. A classe de maior potencialidade apresenta seu maior valor, em permissibilidade, sendo o maior valor também, se comparado com outras variáveis, de forma que pode ser considerado que essa classe de potencialidade é muito permissiva nesta área. As outras classes, de forma geral, se mostraram nulas ao processo de desflorestamento, tirando a classe C, que apresentou um valor maior de impeditibilidade. Em consideração a esse recorte, comparando com os recortes anteriores, a abertura do desflorestamento se dá nas áreas de maior potencial. As aberturas, sejam elas ou não para a agricultura, seguem um padrão lógico para uso da terra, focado na agropecuária. É necessário abrirmos novas perguntas, a partir das discussões aqui realizadas, principalmente, referentes à conjunção da variável potencial com outras variáveis, como as rodovias, para entendermos os sistemas permissivos.

CONCLUSÃO

De modo geral, o resultado obtido era esperado. Classes com maior potencialidade apresentaram valores mais altos de permissibilidade e classes com menor potencialidade apresentaram valores mais altos de impeditibilidade ao processo de desflorestamento na área de estudo. O recorte da divisão Leste é o mais diferente dos demais, destoando um pouco do resultado esperado. Na divisão Sul, o peso de permissibilidade da classe A1 foi muito alto, o que também não era esperado.

A variável de potencialidade agrícola natural das terras se mostrou uma variável que pode ser considerada como um pivô, diante o processo de desflorestamento na área de estudo. Mesmo quando comparado com o valor de outras variáveis, o valor de permissibilidade da classe de maior aptidão se mostrou bem alto, servindo como um indicativo dessa relação, entre potencialidade agrícola natural das terras e o processo de desflorestamento. O fato de grande parte destas terras terem sido destinadas para a prática agrícola, junto ao alto valor das classes de maior potencialidade, podem configurar um sinal de que, de fato, exista uma relação entre a variável e esse processo, na área que compreende o Novo Arco do Desmatamento.

Pode-se perceber que algumas áreas do arco apresentaram maiores valores de permissibilidade, em relação às classes de maior potencialidade. A classe A1, nas mesorregiões Norte e Sul do arco, apresentaram valores altos de permissibilidade, enquanto que, na Leste, um valor menor. As classes de menor potencialidade apresentaram seus ápices, no que se refere ao seu valor de impeditibilidade nas divisões Sul e Leste. Pode-se assim observar que, de fato, a variável de potencialidade agrícola das terras atua de forma diferente, por toda a extensão do Arco do Desflorestamento da Amazônia.

Diante das informações e análises apresentadas, os próximos passos do trabalho serão a identificação de quais classes de potencialidade foram mais afetadas pelo processo de desflorestamento, tentando realizar recortes temporais desse processo. Entender quais classes foram mais afetadas, em números absolutos e proporcionais, pode contribuir para análise mais completa, acerca da variável de potencialidade agrícola das terras ser, ou não, condicionante do processo de desflorestamento neste Novo Arco do Desflorestamento da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F.G. *et al.* Evolução Recente do Desflorestamento na Amazônia Legal: Supressão, Trajetórias e seus Padrões. In: MENEZES, P.M.L. *et al.* (org.). **Cartografias do ontem, hoje e amanhã**. Curitiba: Appris, 2022.
- ANDRADE, M.P.; RIBEIRO, C.B. de M.; LIMA, R.N. de S. Modelagem dinâmica da mudança do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir de imagens MODIS e um modelo de sub-regiões. **Revista brasileira de cartografia**, v. 68, n. 5, p. 965-978, 2016.
- RODRIGUES, H.O.; SOARES-FILHO, B.S.; COSTA, W.L. de S. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 13, p. 3089-3096, 2007.
- VIÉGAS, V.S.; VAZ, J.S. de Q.L.; CRUZ, C.B.M.; SOUZA, E.M.F. A cidade por conhecer: modelagem dinâmica da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: uma visão para 2050. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 20, 2023.

CAPÍTULO 38

ANÁLISE DAS TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS DE ÁREAS URBANAS INDUZIDAS POR GRANDES PROJETOS INDUSTRIAIS: O CASO DO POLO GASLUB

Rafael Machado Corrêa¹

Vinicius da Silva Seabra¹

1. Faculdade de Formação de Professores UERJ. Departamento de Pós-Graduação em Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. Brasil. CEP: 24435-005. secdir.ffp@uerj.br; vinigeobr@gmail.com.

RESUMO

A análise da evolução do uso e cobertura da terra é um instrumento importante para a realização de estudos geográficos, em especial, os que necessitam de representação espacial. O uso do mapeamento para representar as mudanças temporais nos usos e coberturas da terra é útil para analisar impactos de atividades humanas no espaço geográfico. Neste contexto, o Polo GasLub representa um projeto de grande investimento (GPI), um empreendimento que causou profundos impactos na região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). É importante a análise da evolução dos usos e cobertura da terra, os quais surgiram como consequência da sua implementação e funcionamento no decorrer do tempo. O MapBiomias é uma plataforma interativa aberta, mantida pelo Observatório do Clima, em parceria com diversas entidades públicas e privadas, com o objetivo pesquisar sobre a questão das mudanças climáticas e de cobertura do solo no Brasil. É uma fonte de dados que contém séries temporais de diversos parâmetros, como uso e cobertura da terra, queimadas, mineração, entre outras. As análises espaciais em SIG auxiliam, não somente a identificação dos tipos de mudanças e sua quantificação, como permitem a compreensão da distribuição espacial das mudanças. Desta forma, este trabalho se propõe a analisar as mudanças espaciais de uso e cobertura da terra das áreas de influência do Polo GasLub, desde o momento de seu anúncio, em 2006, até 2015.

Palavras-chave: Polo GasLub; áreas urbanas; análises espaciais.

ABSTRACT

The analysis of the evolution of land use and land cover is a crucial tool for conducting geographical studies, especially those that require spatial representation. Mapping to represent temporal changes in land use and land cover is a valuable tool for analyzing the impacts of human activities on geographical spaces. In this context, the GasLub Hub represents a large investment project (LIP), an enterprise that has caused profound impacts in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro. It is important to analyze the evolution of land use and land cover, which have emerged as a consequence of its implementation and operation over time. MapBiomias is an interactive open platform created by the Observatório do Clima in partnership with various public and private entities, aimed at researching climate change and land cover issues in Brazil. It is a data source that contains time series of various parameters, such as land use and land cover, fires, mining, among others. Spatial analyses in GIS not only help in identifying and quantifying the types of changes but also allow understanding the spatial distribution of these changes. Thus, this study aims to analyze the spatial changes in land use and land cover in the areas influenced by GasLub, from its announcement in 2006 until 2015.

Keywords: Polo GasLub; urban areas; spatial analysis.

INTRODUÇÃO

Os estudos das transformações de uso e cobertura da terra são de grande relevância científica para entender a espacialidade de diversos fenômenos geográficos, envolvendo as mais diversas investigações sobre temas geográficos. Neste contexto, a cartografia e suas geotecnologias derivadas são ferramentas importantes para a representação adequada destes fenômenos. A cartografia é, portanto, uma das formas de representação de fenômenos geográficos, essenciais nos

estudos de organizações espaço-temporais (Vicens; Cronemberger, 2019). Os autores também apontam para as representações de fenômenos geográficos ligados a paisagens (geográficas), onde os seus mapeamentos físico-geográficos (e suas diversas metodologias de análise) são instrumentos essenciais para a investigação espacial geográfica.

A representação cartográfica, por ser um recorte do mundo real, necessita de metodologias para a sua construção, as quais, incluem o sensoriamento remoto, a produção de mapas georreferenciados, com auxílio dos sistemas de informação geográfica (SIG), e uma grande diversidade de outros métodos e técnicas, utilizados para representar informações geográficas. Entretanto, é importante ressaltar que qualquer representação é uma tentativa de apreensão de uma realidade extremamente complexa, sendo impossível, captar todos os aspectos do real. Para responder de forma adequada as questões levantadas por um estudo científico, deve-se escolher as características e os aspectos do mundo real, em detrimento de outros, porém, sempre dando destaque aos elementos mais relevantes em determinada análise.

Neste contexto, propomos como objetivo deste trabalho analisar a evolução do uso e cobertura da terra das áreas urbanas, nas cidades de influência do Polo GasLub (antigo Comperj), representada por onze municípios. Ressalta-se que o recorte escolhido representa a área da investigação, de forma que analisa-se apenas a evolução das mudanças em questão e não, uma análise profunda das razões que levaram a essas mudanças.

Contextualizando, o Polo GasLub, instalado no município de Itaboraí, faz parte de uma categoria de investimentos, classificada como grandes projetos de investimento (GPI). Em outras palavras, projetos que movimentam grandes quantidades de capital para sua construção e durante seu funcionamento (Martins, 1993). Seu anúncio ocorreu oficialmente em 28 de março de 2006, durante o governo do então presidente Luiz Inácio Lula da Silva, evento que marcou uma sequência de investimentos e especulações imobiliárias na área de implementação (município de Itaboraí) e nos municípios do seu entorno. Somado às características acima, o tamanho do empreendimento provoca mudanças econômicas, sociais e ambientais nas suas regiões de influência (ou as áreas do seu entorno) (Bortoleto, 2001).

Sobre esta questão, Cruz e da Silva (2010) apontam que a grande quantidade de capital movimentado por estes tipos de investimentos vai além da construção das suas instalações. Os GPI's requerem uma série de outros recursos para o seu funcionamento e implementação adequados, a exemplo da mão-de-obra, da logística de planejamento da infraestrutura ao redor e dentro do empreendimento, assim como, de grande quantidade de recursos naturais. O tamanho do investimento realizado no complexo industrial representa, até hoje, o maior investimento, em forma de projeto financiado pela Petrobras, com capitais previstos no seu projeto inicial de 8,3 bilhões de dólares, para sua viabilização, fato que também justifica a grande área de influência do empreendimento.

Camaz (2017) aponta que, por se tratar de um GPI, a sua implementação requer a construção de diversas estruturas, para viabilizar o projeto. Neste caso, seriam necessárias sete fábricas petroquímicas, junto a diversas empresas de transformação plástica. Abaixo, segue a área de implementação do, até então, Comperj (que viria a se tornar o Polo GasLub, em 2022), conforme o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do empreendimento.

Sobre as áreas de impacto do empreendimento, o EIA-RIMA referente ao antigo Comperj determina as áreas de influência do complexo como três categorias: área diretamente afetada (ADA), área de influência direta (AID) e área de influência indireta (AII), que abrangem, no total, onze municípios: Magé, São Gonçalo, Rio Bonito, Niterói, Maricá, Silva Jardim, Casemiro de Abreu, Itaboraí, Tanguá, Cachoeiras de Macacu e Guapimirim, os quais compõem a área de estudo. Quanto à escolha do local de instalação, o município de Itaboraí foi escolhido, devido à sua localização estratégica, que oferece disponibilidade de infraestrutura portuária, redes de transporte rodovias, ferro e dutoviária, necessárias para o recebimento de matéria prima nas refinarias de petróleo e a movimentação de produtos manufaturados de origem petrolífera para o Porto de Itaboraí (Ferreira; Serra; Silva; Oliveira, 2007).

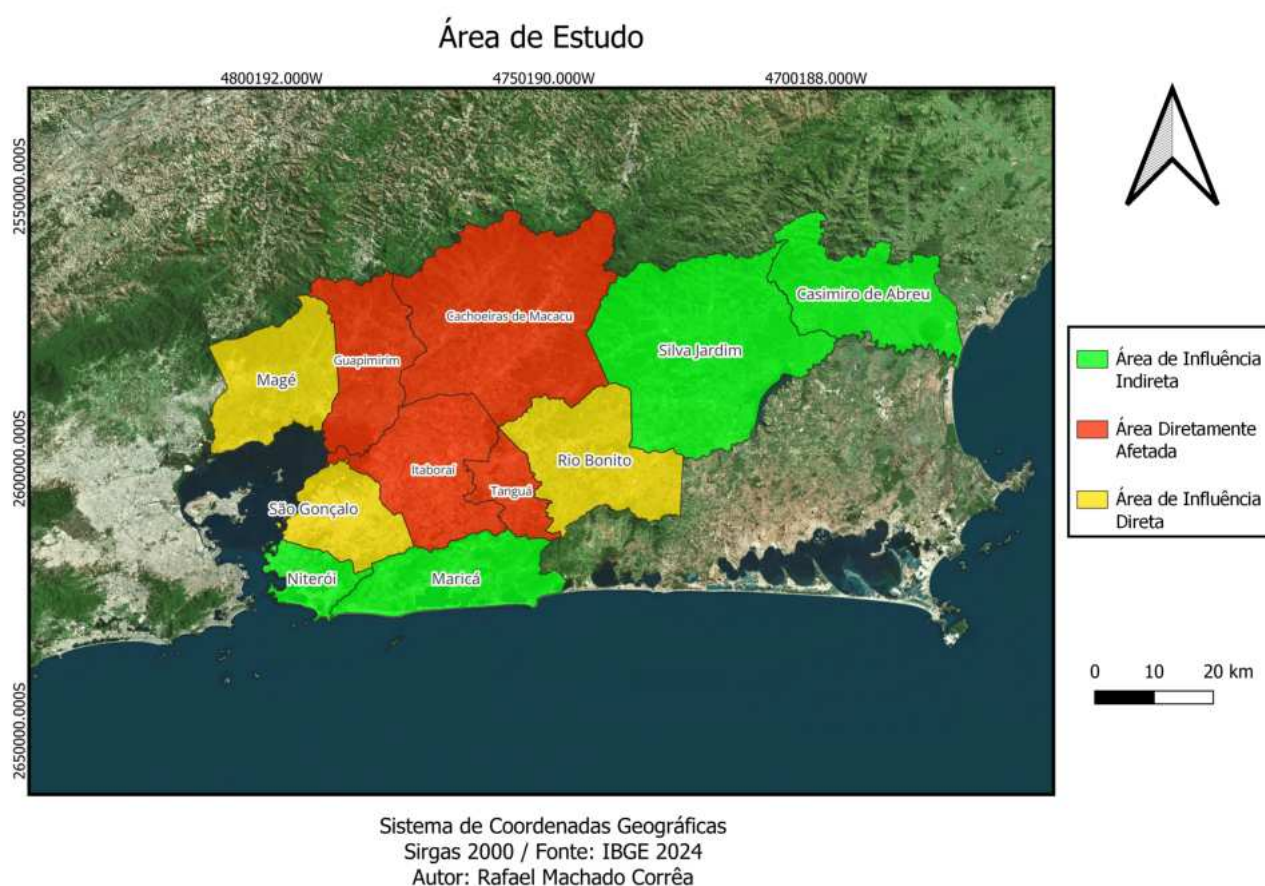


FIGURA 1 – Área diretamente afetada e Áreas de Influência Direta e Indireta do COMPERJ.
Fonte: Concremat Engenharia e Petrobras (2007).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar a evolução das mudanças no uso e cobertura da terra, referentes às áreas urbanas, nos municípios afetados pela presença do GasLub, de acordo com seu EIA-RIMA. O período escolhido para o mapeamento refere-se a um momento chave na história do Comperj: o anúncio oficial de sua aprovação e construção, em março de 2006, terminando no período da investigação da operação Lava-Jato (2015).

METODOLOGIA

A metodologia do trabalho fez uso de técnicas e modelos de geoprocessamento, utilizando os mapas interativos e dados estatísticos, das classes de usos presentes no MapBiomias, bem como os dados disponibilizados pela plataforma sobre o uso e cobertura da terra, referentes às áreas urbanas das áreas influenciadas pelo Polo GasLub.

O MapBiomias é uma plataforma on-line, que compila dados matriciais de uso e cobertura da terra, com o objetivo de realizar um mapeamento anual desses usos e monitorar as superfícies de água e áreas de desmatamento brasileiras, realizado a partir do uso de dados obtidos por pesquisas científicas e iniciativas governamentais. A plataforma possui dados abertos, que podem ser obtidos livremente, por meio do *Google Earth Engine* e do sistema de informação geográfica (SIG) QGIS, um mapa interativo (com capacidade de modelar mapas em tempo real) e infográficos estatísticos (chamados de séries históricas) sobre as mudanças de uso e cobertura da terra, no decorrer do espaçamento temporal dos dados. A plataforma também permite usar diferentes recortes espaciais, separados por classes (denominados como recortes territoriais). Estes, podem se dar por país,

estados e municípios, com subclasses, o que permite um trabalho com grande potencial de direcionamento de análise geográfica. Desta forma, foram selecionados os municípios nas áreas de influência do GasLub para o prosseguimento do estudo.

Uma vez obtidos esses dados, a análise de mudanças espaciais das manchas urbanas será realizada com sobreposição (*Intersect*), em diferentes temporalidades, para toda área de estudo, estabelecida como ADA, ADI e ADD. Esse recurso do SIG QGIS permite a sobreposição dos mapas obtidos pelo MapBiomias, em um único mapa, carregando informações das diferentes temporalidades, possibilitando e facilitando a comparação estatística das evoluções das tipologias de uso e cobertura da terra, nos diferentes momentos temporais. O QGIS possui recursos que permitem a manipulação e a edição de dados vetoriais (em *shapefile*) e matriciais (*raster*). Dessa forma, é possível realizar a preparação dos mapas e a análise dos dados estatísticos, baixados no MapBiomias, para adequá-los à análise proposta. Ressaltamos que, pelos motivos determinados anteriormente, os horizontes temporais serão de 2006 e 2015. As Figuras 2 e 3 mostram respectivamente o *website* do MapBiomias e o fluxograma da metodologia de análise.



FIGURA 2 – Exemplo da plataforma interativa do MapBiomias. Elaboração própria.

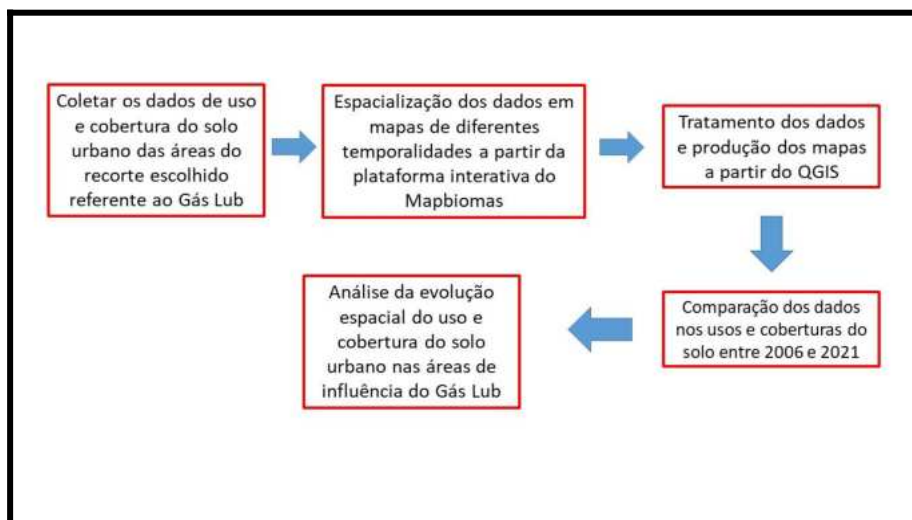


FIGURA 3 - Fluxograma da Metodologia. Elaboração própria.

RESULTADOS

Após a coleta dos dados e o seu devido tratamento, foi realizada a confecção dos mapas e a análise da evolução espacial da área urbana no recorte escolhido, a partir dos quais, foram obtidos os seguintes resultados apresentados. No quesito de tamanho, os dados do MapBiomas indicam um tamanho de 284.154.074,53 m² de área urbana, em 2006, contrastando com 368.118.599,50 m², em 2015. Esses números indicam um crescimento de 29,55% desta área, no recorte espacial estudado, o que indica um crescimento expressivo, considerando-se o período de 9 anos. Nas Figuras 4 e 5, são apresentados mapas referentes às áreas urbanas, no recorte espacial de influência da presença do Polo GasLub, conforme determinado por seu EIA e RIMA.

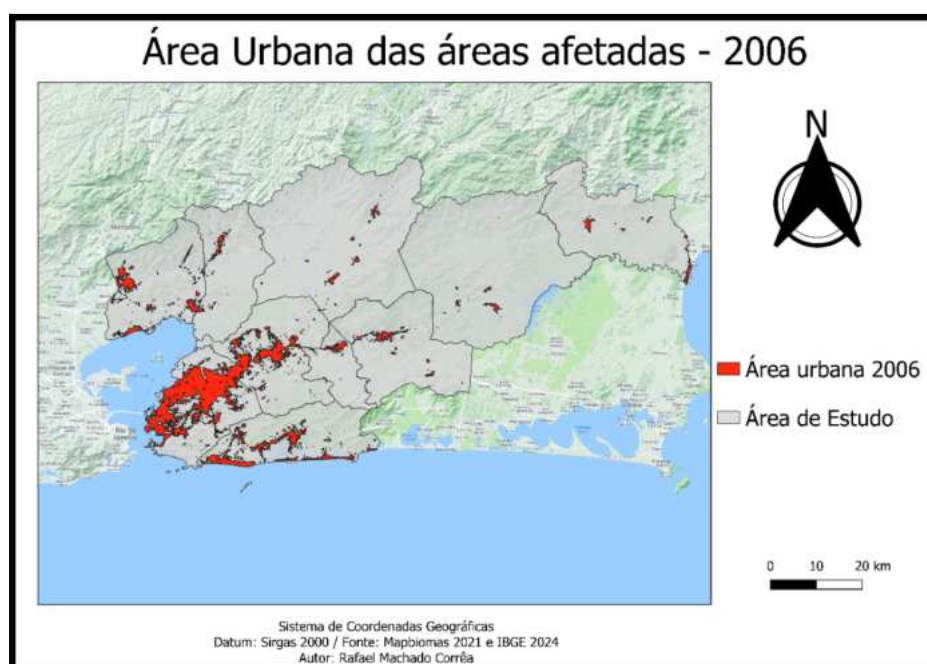


FIGURA 4 – Área urbana das áreas afetadas (2006). Elaboração própria.

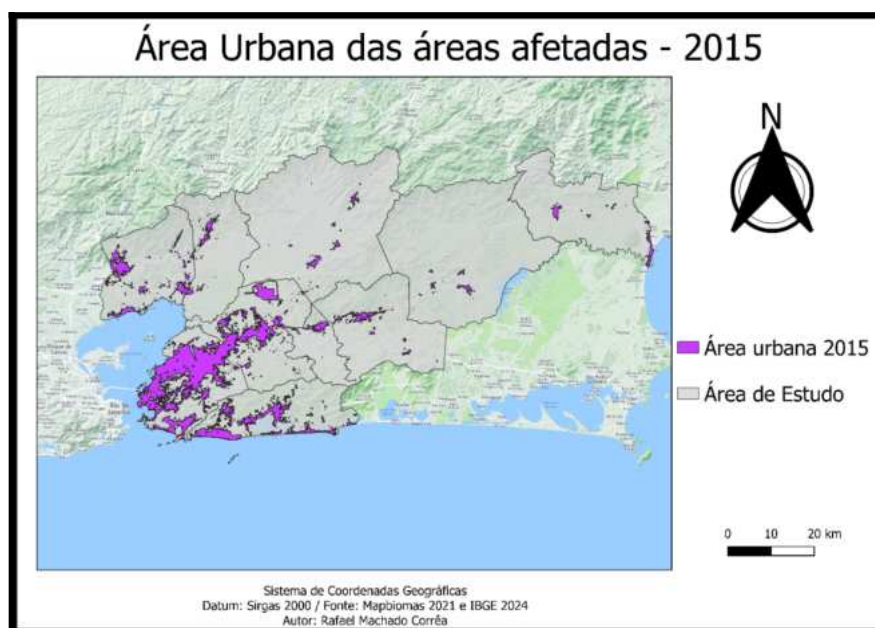


FIGURA 5 – Área urbana das áreas afetadas (2015). Elaboração própria.

Os mapas mostram o aumento espacial da área urbana, o qual pode ser explicado por múltiplos fatores, tais como a valorização do local e seu entorno, graças à presença do Polo GasLub, e da especulação imobiliária. Apesar do crescimento urbano ser um processo natural, que consiste no aumento das cidades e do crescimento populacional, considera-se que o Polo Gas-Lub influenciou na velocidade deste aumento, algo que pode ser alvo de estudos futuros (Figura 6).

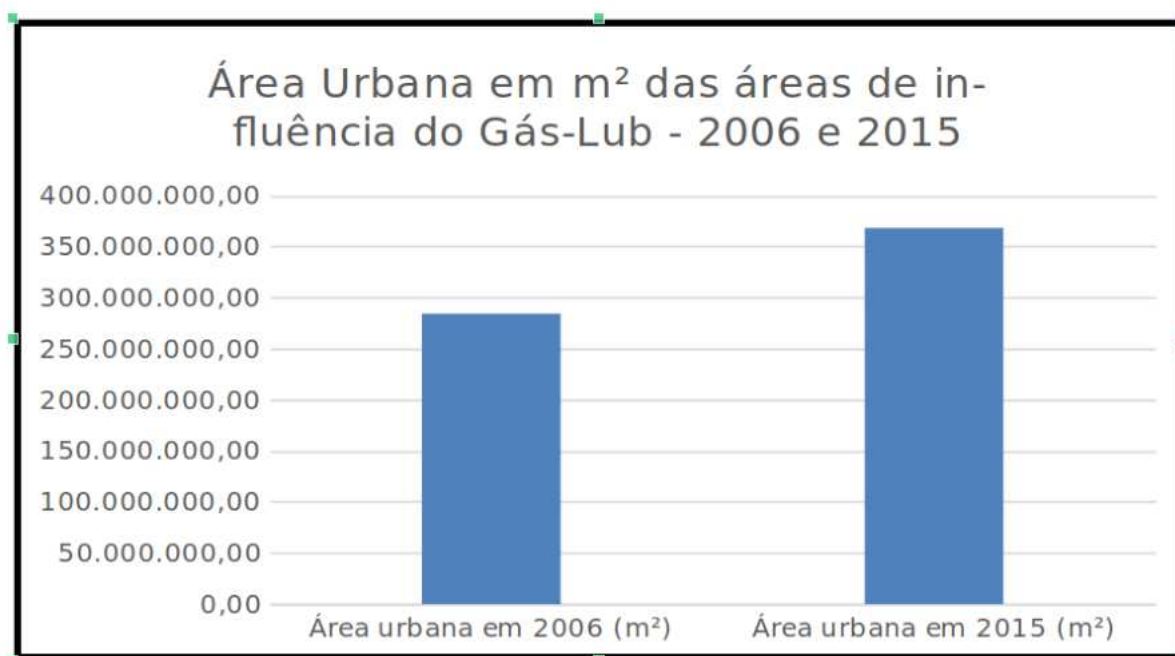


FIGURA 6 – Comparação das áreas urbanas de 2006 e 2015. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados, conclui-se que o aumento da área urbana no recorte estudado foi significativo, chegando a 30% de crescimento urbano, em um período de 9 anos. A implementação de projetos como o Polo GasLub, resulta em uma série de transformações sociais, econômicas, ambientais e políticas, que alcançam áreas além do seu local de instalação. Ainda que o crescimento de uma área urbana seja esperado no decorrer do tempo, percebe-se que a presença do empreendimento acelere de maneira substancial o aumento urbano, o que corrobora com a alta expansão da urbanização, em curto período de tempo. Espera-se poder contribuir para outras análises sobre o tema e dar continuidade ao estudo apresentado neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORTOLETO, E.M. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discursos e impactos. *Geografares*, Vitória, n. 2, jun. 2001.
- CAMAZ, F.R. et al. **Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj)**: implicações socioambientais e a fragmentação do licenciamento. 2017. 234 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.
- CONCREMAT Engenharia; PETROBRAS. **Estudo de impacto ambiental – EIA do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (EIA COMPERJ)**, out. 2007.

- CONCREMAT Engenharia; PETROBRAS. **Relatório de impacto ambiental – RIMA do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (RIMA COMPERJ)**. out. 2007.
- CRUZ, C.B.; SILVA, V.P. da. Grandes projetos de investimento: a construção de hidrelétricas e a criação de novos territórios. **Sociedade & Natureza**, v. 22, p. 181-190, 2010.
- FERREIRA, M.I.P. *et al.* Desafios à Gestão Ambiental para a Área de Influência do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro-COMPERJ, Itaboraí/RJ. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP**, Foz do Iguaçu, PR, 9-11 out. 2007.
- FIOCRUZ (Fundação Instituto Oswaldo Cruz). **Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental**. 2006. <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/rj-construcao-de-complexo-petroquimico-comperj-promete-empregos-e-progresso-mas-afeta-11-municipios-traz-riscos-a-populacao-e-contrapoe-os-executivos-com-o-tcu-e-o-mpf-que-questionam-a-obra/>
- FIOCRUZ (Fundação Instituto Oswaldo Cruz). **RJ - Construção de Complexo Petroquímico (COMPERJ) promete empregos e progresso, mas afeta 11 municípios, traz riscos à população e contrapõe os Executivos com o TCU e o MPF, que questionam a obra**. <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/rj-construcao-de-complexo-petroquimico-comperj-promete-empregos-e-progresso-mas-afeta-11-municipios-traz-riscos-a-populacao-e-contrapoe-os-executivos-com-o-tcu-e-o-mpf-que-questionam-a-obra/>
- FURTADO, C. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. 5. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.
- MARTINS, J.S. **A chegada do Estranho**. São Paulo: Hucitec, 1993.
- RODRIGUEZ, J.M.M. (org.). **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 2010.
- SANTOS, M.Y. O Comperj: modelo de desenvolvimento hegemônico e contradições no espaço local (Itaboraí, Rio de Janeiro). **Revista Geografar**, v. 5, n. 1, 2010.
- VICENS, R.S.; RODRIGUEZ, J.M.; CRONEMBERGER, F.M. A paisagem físicogeográfica: representação cartográfica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 2, jul./dez. 2019. p. 2-17.
-

CAPÍTULO 39

ANÁLISE ESPACIAL DA SEGREGAÇÃO RESIDENCIAL NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Alexandre Barreiros Martins¹

Ana Paula Vasconcelos Gonçalves²

Julia Celia Mercedes Strauch³

1. Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE. alexandrebmartins93@gmail.com.

2. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Departamento de Sociologia.

anapaulavasconcelos@gmail.com.

3. Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE; Universidade Federal Fluminense (UFF). Departamento de Análise Geoambiental. julia.strauch.pesquisa@gmail.com.

RESUMO

A segregação residencial, um fenômeno estudado por várias disciplinas, é um processo intenso nas cidades modernas, agravando as desigualdades sociais. Ela afeta tanto os pobres quanto os ricos, embora de maneiras diferentes. Este estudo analisa a segregação no Rio de Janeiro usando dados do Censo Demográfico de 2010 e técnicas de geoprocessamento. O trabalho propõe a utilização de indicadores de segregação que consideram as configurações espaciais das áreas de análise. Os resultados mostram uma segregação de renda e racial na cidade. As populações mais pobres e negras tendem a ocupar áreas ao norte e oeste, enquanto os brancos e ricos ocupam o sul e se segregam do restante da população. A análise revelou pontos de segregação dentro e entre os bairros.

Palavras-chave: análise espacial; segregação residencial; desigualdades sociais.

ABSTRACT

Residential segregation, a phenomenon studied by various disciplines, it is an intense process in modern cities, exacerbating social inequalities. It affects both the poor and the rich, albeit in different ways. This study analyzes segregation in Rio de Janeiro using data from the 2010 Demographic Census and geoprocessing techniques. This paper proposes the use of segregation indicators that consider the spatial configurations of the areas of analysis. The results show income and racial segregation in the city. The poorer and black populations tend to occupy areas to the north and west, while whites and the rich occupy the south and segregate themselves from the rest of the population. The analysis revealed points of segregation within and between neighborhoods.

Keywords: spatial analysis; residential segregation; social inequalities.

INTRODUÇÃO

A segregação residencial é uma temática investigada por ciências distintas, tais como a geografia, a sociologia e a cartografia. Na sociedade ocidental, a Revolução Industrial foi um divisor de águas neste processo, já que, naquele momento, a lógica de residir no local de trabalho sofreu uma mudança, sendo a burguesia e o proletariado dissociado e, desta forma, passando a residir em localizações distintas, com isso, aumentando os índices de urbanização (Lago, 2000). Ainda nos tempos atuais, este fenômeno se manifesta intensamente com o adensamento da cidade e o distanciamento, cada vez maior, das desigualdades sociais.

Apesar de o senso comum associar a segregação aos estratos mais pobres da sociedade, esta também se manifesta entre os mais ricos, porém, com outras características. Para o professor Roberto Lobato Corrêa (1989), “na realidade pode se falar em autosegregação e segregação imposta, a primeira referindo-se a segregação da classe dominante e a segunda a dos grupos sociais cujas opções de como e onde morar são pequenas ou nulas”.

A segregação no Rio de Janeiro se expressa de forma indissociável do fenômeno das desigualdades sociais. O professor Milton Santos foi um dos mais importantes pesquisadores sobre a temática da economia urbana, com foco nas desigualdades. Para o mesmo, o espaço urbano é desigual e sua morfologia reflete esta lógica, não por motivações individuais, mas por imposição das condições econômicas. Assim, existem duas ou diversas cidades dentro da cidade. Esse fenômeno é o resultado da oposição entre níveis de vida e entre setores de atividade econômica, isto é, entre classes sociais. Pode ser verificado e medido pela análise diferencial de certo número de características do *habitat* e dos serviços de cada bairro, assim como pelas trocas entre as diferentes frações do tecido urbano. (Santos, 2009, p. 190-191)

A segregação residencial é relacionada ao *habitat* (Vasconcelos, 2004). Sendo assim um processo espacialmente expressado nas áreas sociais, com características de homogeneidade interna e externa, entre os setores da sociedade, sendo uma consequência e condição para reproduzir estas diferenciações. A espacialização da segregação ocorre de forma complexa e é inerente ao capitalismo.

METODOLOGIA

Para executar este trabalho, foi feita uma caracterização espacial da cidade do Rio de Janeiro, utilizando dados abertos, disponibilizados por institutos de pesquisa. Desta forma, foi executada a coleta dos dados espaciais, de forma que fosse possível a interpretação de um banco de dados, em um ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), que possibilitasse o emprego de técnicas de geoprocessamento para analisar a segregação residencial na cidade. Neste trabalho, foram considerados para a construção dos índices, apenas os dados do Censo Demográfico de 2010.

A fonte principal da construção de informações para uma análise precisa da qualidade de vida da população brasileira, nas diversas escalas possíveis de recortes territoriais, é o Censo Demográfico do país, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As unidades de coleta de dados são os indivíduos residentes em domicílio brasileiro, em uma determinada data de referência. Com isso, o perfil sócio demográfico da população residente foi sistematizado nesta pesquisa, a partir de dados dos setores censitários, referentes ao Censo 2010.

A base cartográfica da área de estudo foi produzida no *software* ArcGIS. Assim, foram utilizadas para esta análise a malha dos setores censitários do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) e a malha de uso e cobertura da terra, fornecida pelo Instituto Pereira Passos (IPP), para o mesmo ano. A camada de cobertura natural se mostrou de grande relevância, pois mais de 20% da cidade é ocupada por uma cobertura vegetal, que funciona quase que como um divisor de águas, junto ao tecido urbano da cidade.

As medidas tradicionais de segregação são não espaciais, pois não levam em consideração a sua localização, sendo caracterizada como uma constante no estudo (Carvalho *et al.* 2013). Assim, este trabalho propõe a implementação de indicadores de segregação, baseados na adaptação de índices, proposta por Feitosa *et al.* (2007). Esses índices consideram as configurações espaciais das áreas de análise. Por exemplo, o *índice de dissimilaridade*, originalmente proposto por Duncan e Duncan (1955), calcula a proporção entre a composição populacional das áreas e a população total. Além disso, o *índice de isolamento* mensura a probabilidade de encontro de um grupo, em relação a ele mesmo. Para calcular essas medidas de segregação, a partir dos dados dos setores censitários, utilizou-se o SIG QGIS e o *plugin Segreg*.

Assim, este trabalho tem, por objetivo, identificar os principais padrões de segregação residencial do município do Rio de Janeiro e analisá-los, do ponto de vista dos indicadores de segregação, propostos por Feitosa *et al.* (2007).

RESULTADOS

Este trabalho apresenta o resultado dos indicadores de segregação residencial no município do Rio de Janeiro sob a perspectiva das variáveis de renda e raça. Para execução deste objetivo, foram utilizados os índices de dissimilaridade e isolamento.

O índice de dissimilaridade para raça (Figura 2) revela que, em quase todos os locais da cidade, existem áreas homogêneas e diversas, como “corredores”, com uma população com características mais heterogêneas. Vale ressaltar que os locais da cidade com maiores valores desse índice (representados pela mancha marrom escura) também concentram a maior população branca.

Os bairros que apresentaram os setores com maior dissimilaridade são: Barra da Tijuca, Botafogo, Complexo do Alemão, Copacabana, Flamengo, Gávea, Humaitá, Ipanema, Jacarepaguá, Jardim Botânico, Joá, Lagoa, Laranjeiras, Leblon, Leme, Manguinhos, Maré, Recreio dos Bandeirantes, São Conrado e Urca. No entanto, os bairros Joá e Jardim Botânico possuem apenas setores com alta dissimilaridade, enquanto os demais bairros, apresentam setores com características mistas.

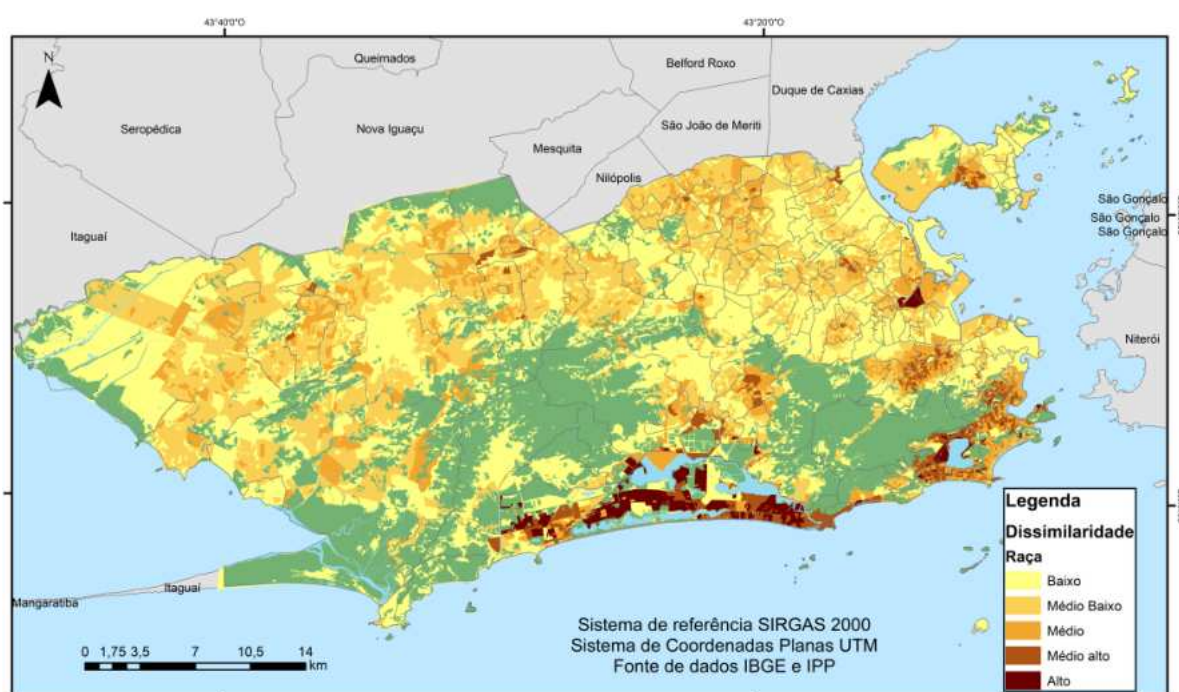


FIGURA 2 - Índice de dissimilaridade racial. Fonte: IBGE (2010); IPP (2010).

O índice de dissimilaridade para renda é apresentado na Figura 3. Observam-se pontos concentrados de homogeneidade, espalhados por todo o espaço, bem como corredores de heterogeneidade. Notavelmente, os locais com os maiores valores desse índice coincidem com as áreas onde a população recebe acima de dez salários mínimos (s.m.).

Em todos os bairros do Rio de Janeiro, foram identificados setores com baixos índices de isolamento entre a população negra. Os bairros, a seguir, apresentaram exclusivamente índices baixos de isolamento entre a população negra: Centro, Pedra de Guaratiba, Bento Ribeiro, Lagoa, Todos os Santos, Paquetá, Humaitá, Cachambi, São Conrado, Urca, Moneró, Glória, Alto da Boa Vista, Jardim Sulacap, Jardim Guanabara, Maracanã, Praça da Bandeira, Vila Valqueire, Méier, Ribeira, Cacuia, Joá, Riachuelo, Cidade Nova, Campo dos Afonsos, Maria da Graça, Abolição, Praia da Bandeira, Zumbi, Rocha, Higienópolis, Encantado, Vila da Penha, Vista Alegre, Barra de Guaratiba, Cocotá, Camorim e Grumari (Figura 3).

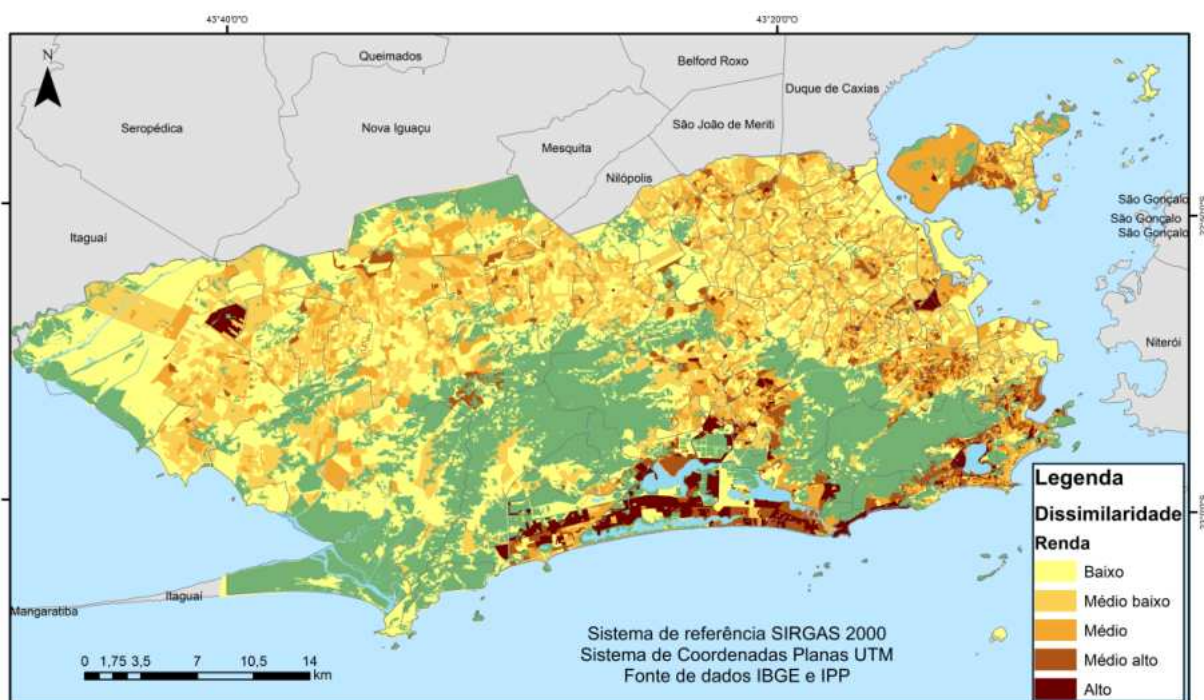


FIGURA 2 - Índice de dissimilaridade da renda. Fonte: IBGE (2010); IPP (2010).

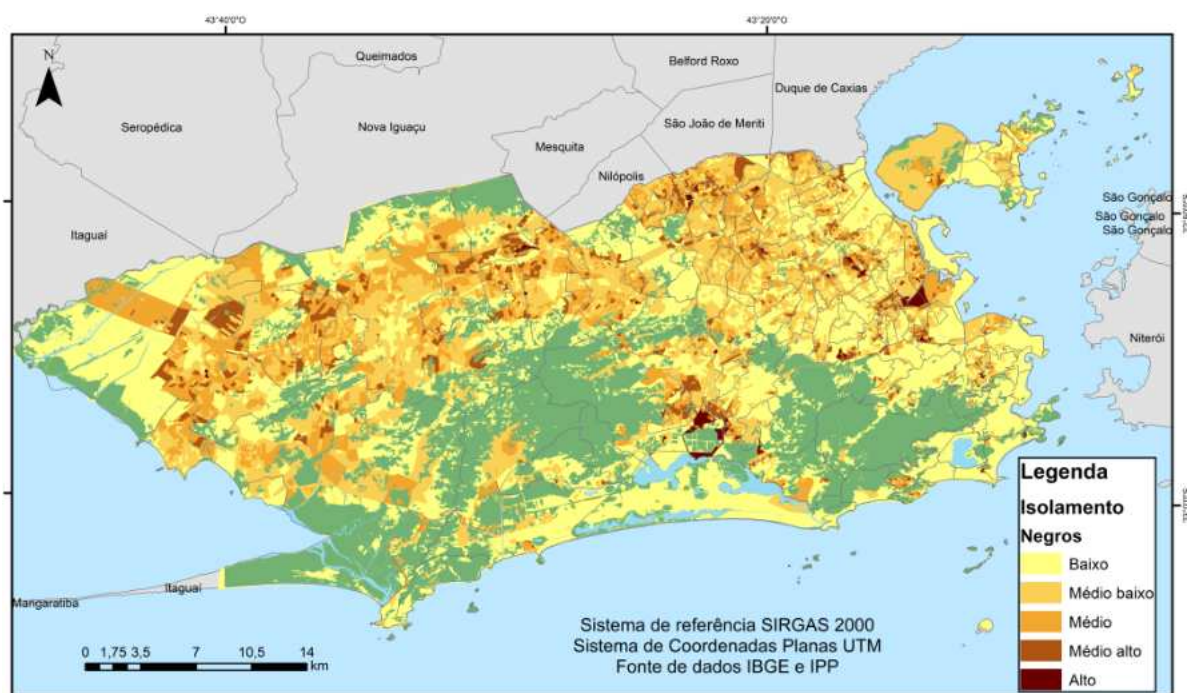


FIGURA 3 - Índice de isolamento da população negra. Fonte: IBGE (2010); IPP (2010).

A Figura 4 exibe o índice de isolamento dos domicílios, cujos responsáveis ganham acima de 10 s.m., em comparação com aqueles que ganham menos que este limite. Observa-se claramente que os responsáveis pelos domicílios mais ricos concentram-se principalmente na região sul da cidade, embora também estejam presentes em outras áreas (exceto no oeste). Por outro lado, os responsáveis com renda inferior a 10 s.m. ocupam predominantemente as demais regiões (exceto o sul da cidade). A maioria dos bairros, no entanto, registrou índices baixos para esse indicador, com

exceção dos bairros Abolição, Campo dos Afonsos, Cocotá, Glória, Joá, Lagoa, Praça da Bandeira, Praia da Bandeira, Ribeira, Rocha, Vila da Penha, Vista Alegre e Zumbi. Em 38 bairros, ambas as características foram observadas. Essa análise revela padrões importantes na distribuição socioeconômica da cidade.

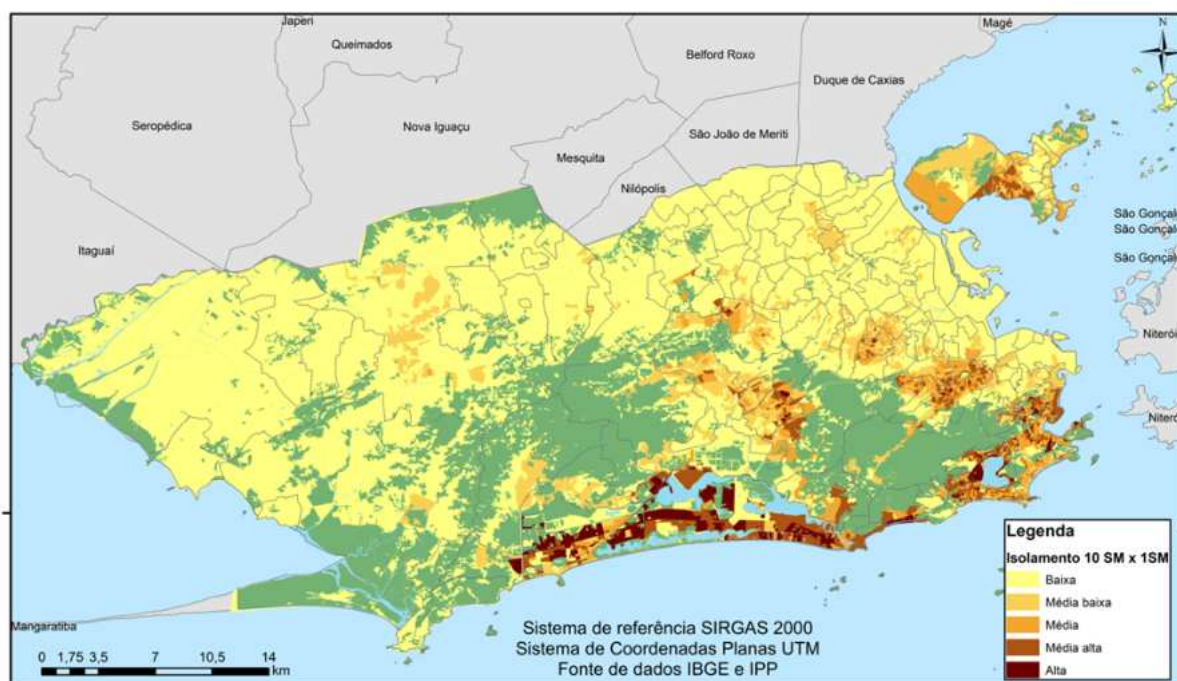


FIGURA 4 - Índice de Isolamento da população, que ganha acima de 10 salários mínimos.
Fonte: IBGE (2010); IPP (2010).

CONCLUSÕES

Os resultados de 2010 apontam para uma segregação de renda e racial na cidade do Rio de Janeiro. As populações mais pobres e negras tendem a ocupar predominantemente bairros como Bangu, Campo Grande, Cidade de Deus, Gericoín, Jacarepaguá, Jacarezinho, Lins de Vasconcelos, Penha, Rio Comprido, Santa Cruz, Senador Camará, Tijuca, Vigário Geral, Vila Isabel e Mangureira, localizados ao norte e oeste do município. Essa segregação é forçada para esse grupo. Por outro lado, os brancos e mais ricos tendem a ocupar o sul do município, em bairros como Barra da Tijuca, Copacabana, Gávea, Ipanema, Lagoa, Leblon, Jardim Botânico e Joá. Além disso, observa-se que os brancos e ricos também se segregam do restante da população, indicando uma tendência de autosegregação.

A análise exploratória espacial de dados revelou pontos de segregação intra e interbairros. Nos bairros mais ricos, há evidências de autosegregação, enquanto que, em bairros majoritariamente pobres, ocorre a segregação forçada.

A cidade do Rio de Janeiro pode ser vista como várias cidades, com habitantes de características diversas, dependendo do local de residência e do nível de vida. As diferenças, em relação à renda e à raça, são relevantes e moldam a realidade urbana.

Como trabalho futuro, será aplicada a mesma metodologia, aos dados do Censo de Demográfico de 2022, procurando verificar as possíveis mudanças no processo de segregação socioespacial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496p.
https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf
- CARVALHO, A.X.Y. *et al.* Um estudo das metodologias e funcionalidades dos índices de segregação. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 30, p. 567-594, 2013.
- CORRÊA, R.L. *et al.* **O espaço urbano**. Ática, 1989.
- DUNCAN, O.D.; DUNCAN, B. A methodological analysis of segregation indexes. **American Sociological Review**, n. 20, p. 210-217, 1955.
- FEITOSA, F.F.; MONTEIRO, A.M.V.; CÂMARA, G. De Conceitos a Medidas Territoriais: A Construção de Índices Espaciais de Segregação Urbana. In: Almeida, C.; Câmara, G.; Monteiro, A.M.V. (org.). **Geoinformação em Urbanismo: Cidade Real vs. Cidade Virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 86-105.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Brasileiro do Brasil de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- IPP (Instituto Pereira Passos). *Malha de uso e cobertura da terra*. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU-RJ); IPP, 2023.
- LAGO, L.C. **Desigualdades e segregação na metrópole: o Rio de Janeiro em tempo de crise**. Observatório IPPUR/UFRJ-FASE, 2000.
- SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Edusp, 2009.
- VASCONCELOS, P. de A. A aplicação do conceito de segregação residencial ao contexto brasileiro na longa duração. **Revista Cidades**, v. 1, n. 2, p. 259-274, 2004.

CAPÍTULO 40

ANÁLISE ESPACIAL DAS ÁREAS DE INTERESSE DO GOOGLE MAPS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Fernando Estiges Toledo Schimidt¹

Felipe Gonçalves Amaral¹

Patricia Luana Costa Araújo¹

Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Ilha do Fundão. Rio de Janeiro. Brasil. CEP: 21941-909. fernando.schimidt2001@gmail.com; fgamaral19@gmail.com; patricialcaraujo@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

As áreas de interesse são polígonos amarelos presentes na plataforma Google Maps e, segundo a mesma, “são determinadas por um algoritmo que processa as informações e permite destacar a concentração de restaurantes, bares e lojas”, baseado no histórico de localização de usuários, que ativam inconscientemente esta função em seus celulares. Devido ao caráter geoinformacional do tema, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar de que maneira as áreas de interesse servem como instrumento de análise para estudos urbanos no contexto brasileiro. Desta forma, por meio do geoprocessamento, as áreas de interesse no contexto da cidade do Rio de Janeiro foram identificadas, vetorizadas e classificadas, com auxílio de sistema de informação geográfica (SIG), de acordo com os seus usos predominantes, usos específicos e equipamentos. Os resultados possibilitaram um entendimento acerca da espacialidade e localização dessas áreas, em relação às suas funções, levando em consideração a divisão do município em áreas de planejamento (AP). Assim, se tornou possível esclarecer a respeito das perguntas norteadoras do trabalho, atendendo aos objetivos propostos e levantando outras discussões, decorrentes da análise espacial, chegando à conclusão de que, apesar das generalizações da base geoinformacional do Google Maps, as áreas de interesse se mostram como uma boa opção de fonte de dados para as análises urbanas.

Palavras-chave: análise espacial; áreas de interesse; Google Maps; Rio de Janeiro; geoprocessamento.

ABSTRACT

The areas of interest are yellow polygons present on the Google Maps platform, and according to it, "are determined by an algorithm that processes information and allows highlighting the concentration of restaurants, bars, and shops", based on the location history of users who unconsciously activate this function on their phones. Due to the geo-informational nature of the topic, the present research aims to evaluate how areas of interest serve as an analytical tool for urban studies in the Brazilian context. Thus, through geoprocessing, using Geographic Information Systems (GIS), the areas of interest in the context of the city of Rio de Janeiro were identified, vectorized, and classified according to their predominant uses, specific uses, and equipment. The results enabled an understanding of the spatiality and location of these areas in relation to their functions, taking into account the division of the municipality into Planning Areas. Therefore, it became possible to clarify the guiding questions of the work, serving the proposed objectives and raising other discussions arising from spatial analysis, concluding that, despite the generalizations of Google's geoinformational database, areas of interest prove to be a good data source option for urban analyses.

Keywords: spatial analysis, areas of interest, Google Maps, Rio de Janeiro, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de ferramentas e aplicações ligadas à geoinformação é cada vez mais frequente nos dias de hoje. O avanço exponencial dessas tecnologias está associado à elaboração de algoritmos e *softwares*, cada vez mais avançados, que processam uma grande quantidade de dados espaciais, coletados de diversas fontes, para assim gerar informações, que podem contribuir para

uma miríade de possibilidades e funções, como, por exemplo, para a tomada de decisão de uma empresa, que utiliza este conteúdo, de acordo com suas metas e interesses particulares; ou auxiliar na elaboração de uma política pública e na gestão do espaço, por parte do governo (Fitz, 2008). O cunho geoinformacional da pesquisa, associado ao geoprocessamento, a fim de se produzir os resultados visados, é de grande relevância. Em um cenário onde são cada vez mais presentes, no nosso dia a dia, as geotecnologias, que, gradativamente, se incorporam aos diversos serviços e funcionalidades, oferecidos pelas empresas (sejam públicas ou privadas) e que possuem poder de identificar padrões e influenciar nossas escolhas e condutas, em relação ao modo como vemos o espaço, à cidade e à maneira como nos deslocamos.

Levando em consideração a importância, cada vez maior, das geotecnologias, a presente pesquisa buscou investigar a base geoinformacional do Google Maps, mais especificamente, no que tange às áreas de interesse. Segundo a própria Google, as áreas de interesse são polígonos amarelos, presentes na base geoinformacional do Google Maps, que “são determinadas por um algoritmo que processa as informações e permite destacar a concentração de restaurantes, bares e lojas”, indicando que ali há uma tendência de movimentação acima da média e com frequência regular. Apesar desta definição, não há maiores explicações, em relação à demarcação dos polígonos. Sabe-se que um dos parâmetros utilizados pelo algoritmo é o tratamento de informações geográficas, relacionadas ao histórico de navegação do buscador Google, em celulares, que o possuem habilitado. A este processo, se dá o nome de “produção voluntária de informações geoespaciais”, em inglês “VGI” (*Volunteered Geographic Information*) (Goodchild, 2007).

Visto que o Google Maps é uma base geoinformacional global, são necessárias generalizações para que seja construído esse conjunto de informações. Assim, nos perguntamos: o que contém nessas áreas? Como se caracterizam? São áreas representativas do mundo real? São de interesse de quem? Logo, a questão norteadora da pesquisa é: de que maneira as áreas de interesse servem como instrumento de análise para estudos urbanos, no contexto das cidades brasileiras?

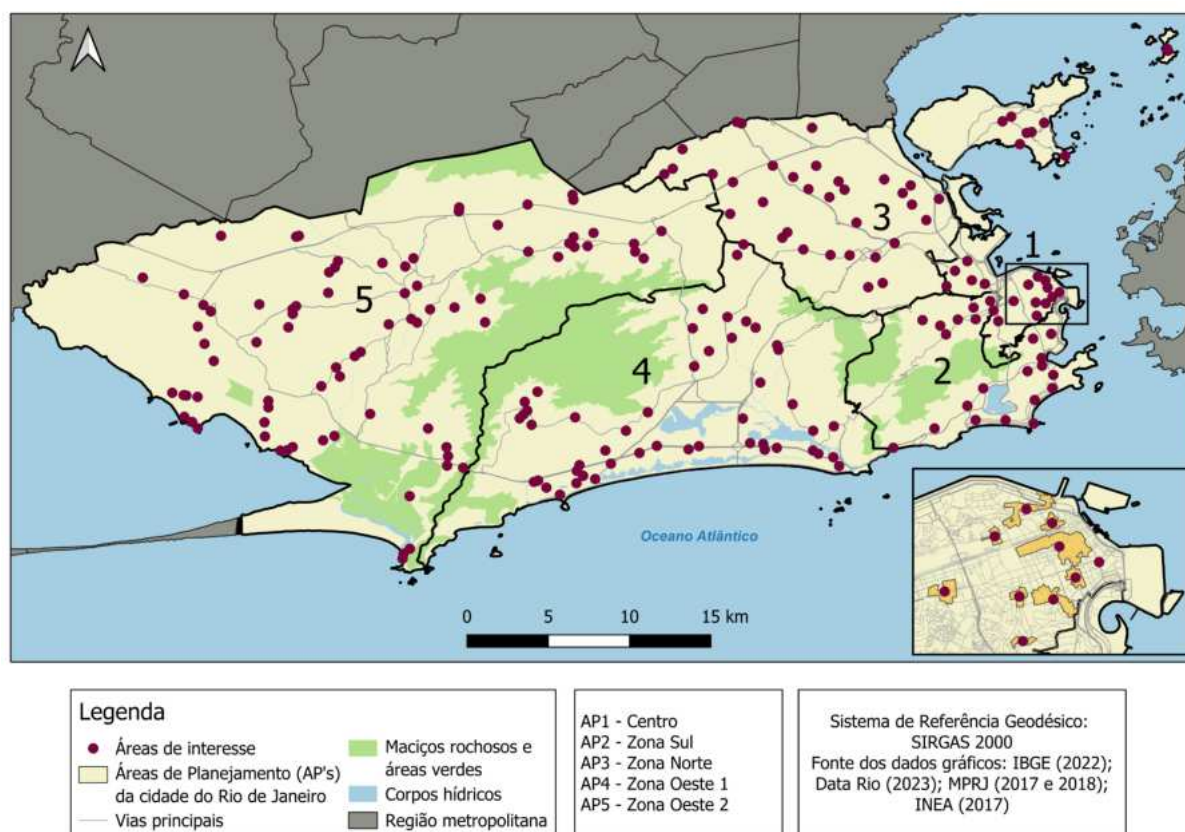


FIGURA 1 - Áreas de Interesse da cidade do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

Na cidade do Rio de Janeiro, existem 210 áreas de interesse, que podem ser visualizadas na Figura 1. A AP5 é a que mais possui áreas de interesse, totalizando 81. Em seguida vem a AP4, com 49; a AP3, com 39; a AP2, com 23 e, por último, a AP1, com 18.

O objetivo geral desta pesquisa é caracterizar as áreas de interesse, a fim de compreender como elas se apresentam na cidade. Como objetivos específicos, entender como estão distribuídas as áreas de interesse e como elas podem ser classificadas. Para isso, será utilizada a cidade do Rio de Janeiro, como estudo de caso, pela sua característica turística e diversidade de usos, em suas diferentes partes, para compreender o que despertou a atenção do Google, ao definir essas áreas no município.

METODOLOGIA

Para atingirmos o objetivo, a pesquisa foi dividida em quatro etapas, como pode ser visto na Figura 2. Primeiro, houve a identificação das áreas de interesse presentes na cidade do Rio de Janeiro. Em seguida, a sua vetorização (criação dos polígonos), de forma manual, por meio do *software* ArcGIS Pro, utilizando o mapa-base do próprio Google. Isso foi necessário, pois não é possível exportar diretamente a base da plataforma. Posteriormente, com os polígonos georreferenciados, foi feita uma classificação referente aos usos predominantes e equipamentos, por meio de um campo virtual, realizado pelo Google Street View, ferramenta do Google Maps, que permite visualizar ruas e localidades, *in loco*, interagindo com o mapa. Posteriormente, se percebeu que alguns usos predominantes apresentam variedades tipológicas e então, realizou-se uma segunda classificação, de usos específicos, definindo-se uma tipologia para estas áreas de interesse. Por fim, com os resultados obtidos, foi feita uma análise espacial sobre os dados gerados, levando em conta a divisão do município por áreas de planejamento (AP), a fim de compreender, com mais detalhes, como se dá a distribuição dessas áreas de interesse pela cidade. Os resultados se traduzem em mapas e gráficos, que foram produzidos a partir dos *softwares*: QGIS, ArcGIS Pro e Excel. Com este conteúdo, tornou-se possível fazer análises, em prol de se elucidar as perguntas norteadoras da pesquisa.

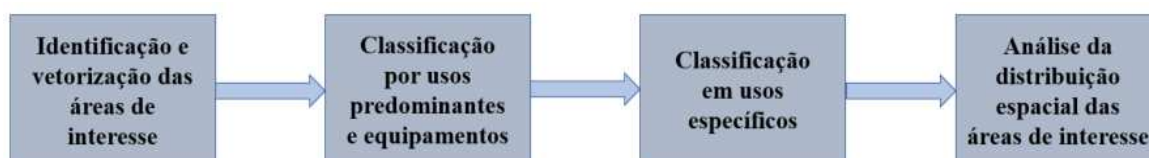


FIGURA 2 - Operacionalização da pesquisa. Elaboração própria.

A fim de se formular uma classificação, que esclarecesse as funções e os usos predominantes de cada área, foram utilizados: a base de dados do Instituto Pereira Passos (IPP) e o próprio Google Maps, por meio do SIG ArcGIS Pro, com o intuito de analisar as estruturas, os estabelecimentos, os equipamentos e quaisquer outros elementos, que possibilitassem uma caracterização para melhor visualização e entendimento. Ao levar em consideração as bases supracitadas, associadas a uma análise qualitativa, foram definidas as seguintes classes, que foram denominadas por usos predominantes: comercial; comunidades e favelas; residencial; misto; institucional/corporativo; gastronomia; turismo e, por fim, indefinido. O outro parâmetro adotado foi o uso associado aos equipamentos, que se assemelha aos usos predominantes, mas que englobam outras esferas analíticas, as quais se correlacionam diretamente à estrutura e morfologia urbanas (Leão Rego e Meneguetti, 2011), que serão brevemente discutidas.

As áreas com predominância de comércio possuem variações quanto à natureza dos estabelecimentos, isto é, seja pelo número mais acentuado de um determinado tipo de comércio, em detrimento de outro, e pelo seu potencial de atratividade. Desta forma, as áreas comerciais foram

divididas em usos específicos, que são “comercial banco”, “comercial mercado”, “comercial misto” e “comercial shopping”. A classe de “gastronomia” se refere a lugares com forte presença de bares e restaurantes e a de “turismo”, corresponde às áreas com elevada presença de hotéis e dotadas de apelo turístico. Apesar destas classes, de maneira geral, se correlacionarem com o comércio, foi estabelecida esta divisão, após a avaliação dos resultados preliminares e as lacunas, que se apresentaram e que precisavam ser preenchidas, fazendo a pesquisa ganhar maior aprofundamento analítico e potencial, em produzir resultados mais precisos e esclarecedores. Outros aspectos possuem maior influência, para além do comércio em si, para as pessoas se deslocarem até as áreas gastronômicas (socialização, alimentação por parte de trabalhadores das adjacências) e turísticas (conhecer novos lugares, pessoas, registro de fotos, vídeos, contemplação da paisagem e atrações, programação cultural, etc).

A classe de “comunidades e favelas” engloba todas as áreas de interesse, cuja predominância se dá tanto por favelas quanto por comunidades, independentemente de seus usos específicos. Essas, podem compreender residências, comércios e demais serviços. A necessidade de mapeá-las se mostrou necessária, visto sua numerosa presença nas áreas de interesse.

Áreas onde foi constatado um grande número de domicílios, foram definidas como “residencial”. Nos locais onde se nota a presença, tanto de comércio como de residências (como, por exemplo, o comércio de térreo *sob* sobrados ou apartamentos), o uso predominante é definido como “misto”. Esta categoria, por sua vez, surgiu após a classificação preliminar realizada, mostrando a necessidade de incluí-la na pesquisa, após conflitos na definição de alguns pontos.

Localidades onde incidem órgãos governamentais, repartições e prédios públicos, edifícios empresariais e escritórios foram classificadas como “institucional/corporativo”. Por último, os polígonos classificados como “indefinidos”, dizem respeito a áreas em que o uso predominante não corresponde a nenhuma das outras classes utilizadas.

Quanto aos equipamentos, estes são divididos em: “equipamento de educação”, quando há presença de instituições de ensino, sejam elas, do ensino básico ou superior; “equipamento de lazer”, isto é, onde há a presença de praças, parques e espaços públicos, que promovam algum tipo de visibilidade, além de possibilitarem a expressão identitária de diferentes grupos e indivíduos, a coabitação e socialização (Gomes, 2012); “equipamento de saúde”, nas áreas onde foram detectadas a instalação de edifícios relativos à Saúde, e “equipamento de transporte”, onde se observou importância significativa, no que envolve meios de transporte, mobilidade, deslocamento e aparatos, como terminais e estações, bem como grande fluxo de passageiros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os produtos gerados possibilitaram um entendimento acerca da espacialidade das áreas de interesse. Na Figura 3, é possível visualizar onde cada área de interesse se localiza, de acordo com seu uso predominante e equipamento.

Pela observação da Figura 3, percebe-se que as áreas de interesse de uso comercial se mostram bem distribuídas pela cidade, com numerosa quantidade, em todas as APs, correspondendo a 36,19%. O uso de comunidades e favelas é o segundo que mais se teve registro, com 22,86%, tendo notória presença na AP4 e na AP5, concentradas, portanto, na Zona Oeste. A respeito da localização das áreas residenciais, podemos enxergar um nítido padrão de espacialidade, visto que a maioria dos pontos também se encontra na Zona Oeste, sobretudo na AP5. Esta classe corresponde a 8,1% do total.

Quanto ao uso misto, observa-se sua presença em todas as AP's, tendo um aglomerado na AP4, sobretudo no bairro do Recreio dos Bandeirantes. Ao todo, representam 10%. Institucional/Corporativo foi percebida em menor número, ausentes na AP2 e AP3, representando 2,38%. As áreas classificadas como gastronomia se encontram espalhadas pela cidade, com leve concentração na

AP5, e correspondendo a 6,19%. A classe turismo possui uma característica peculiar: estão situadas quase na totalidade em porções litorâneas, com maior enfoque na AP1 e AP2, ou seja, no Centro e na Zona Sul, e em termos percentuais representa 3,81%. As áreas de interesse indefinidas se localizam na AP4 (uma) e na AP5 (duas), possuindo a menor porcentagem, com 1,43%. Por fim, os equipamentos possuem outro tipo de distribuição, que se mostra mais concentrada na AP1 (Centro) e na AP3 (Zona Norte), com 9,04%. O mapa exibido na Figura 4 destrincha a classe comercial em seus usos específicos.

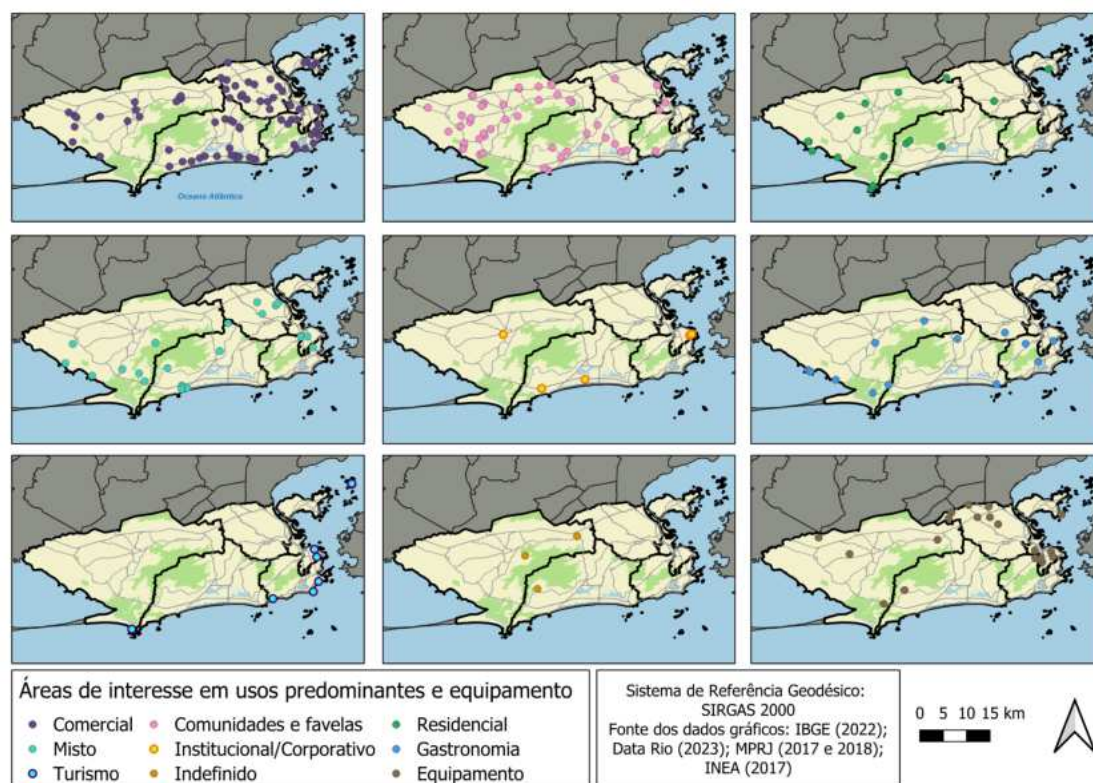


FIGURA 3 - Mapa das áreas de interesse, quanto ao seu uso predominante e equipamento. Elaboração própria.

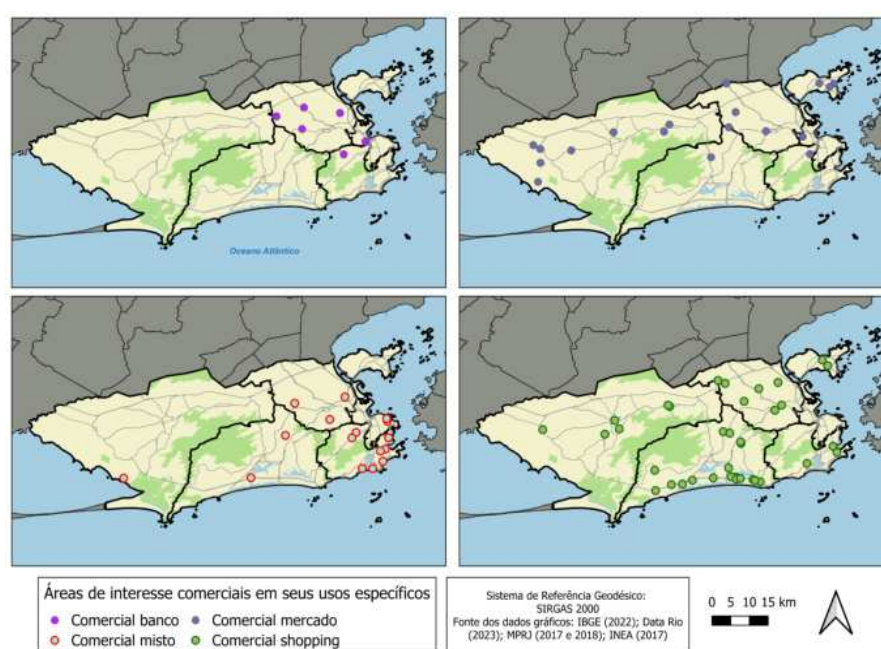


FIGURA 4 - Mapa das áreas de interesse comerciais em seus usos específicos. Elaboração própria.

Ao analisar o uso específico comercial banco, nota-se sua concentração na AP3, tendo uma área de interesse também presente na AP1 e AP2. Quanto ao comercial mercado, sua distribuição se mostra mais destacada na AP5. Isolando o uso específico referente ao comercial misto, é evidenciado uma forte concentração na AP2. Outro detalhe, não visível no mapa, mas que vale ser comentado, é o fato desta classe, em particular, ter tendência de incidência, em polígonos maiores, correspondendo a áreas mais amplas, que abarcam uma grande quantidade de estabelecimentos, de diferentes cunhos. Por último, temos o comercial shopping, sendo a mais repetida, distribuída por todas as AP's, com exceção da AP1, e tendo maior aglomerado na AP4, principalmente, pela presença da Avenida das Américas, principal via da região que liga a Barra da Tijuca ao Recreio, onde há ampla oferta e demanda deste tipo de serviço. Na Figura 5, os mapas mostram a espacialização dos diferentes tipos de equipamentos.

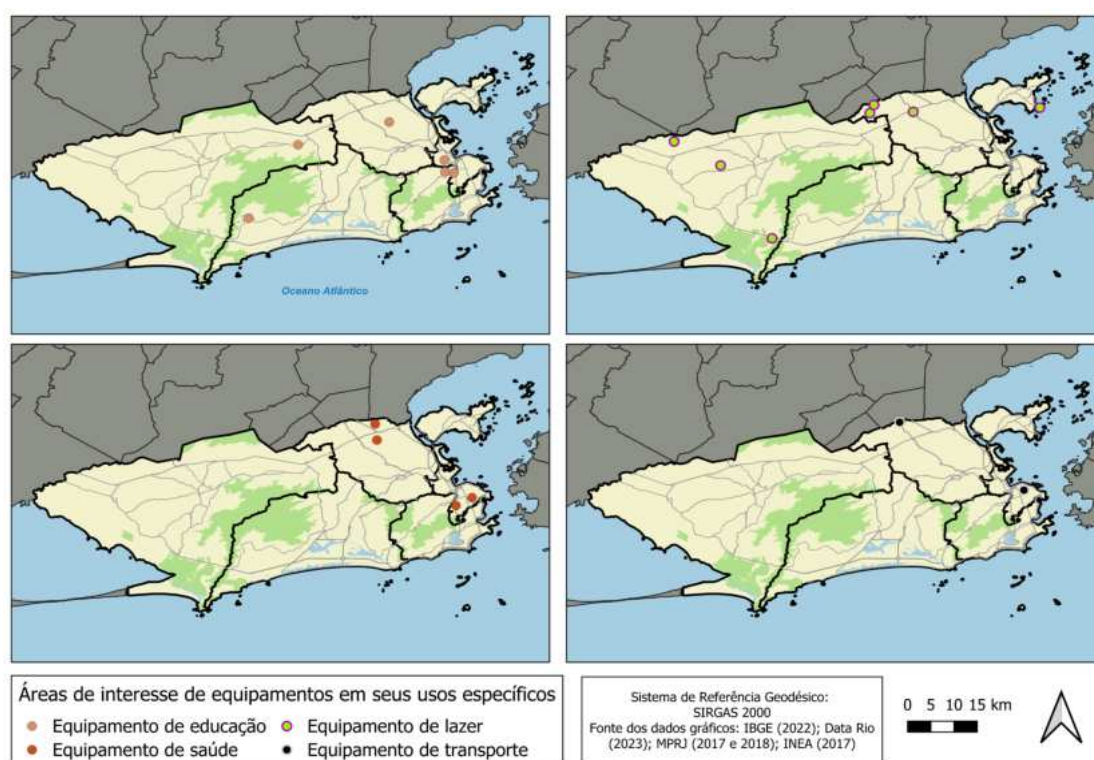


FIGURA 5 - Mapa das áreas de interesse de equipamentos em seus usos específicos. Elaboração própria.

Os equipamentos de educação, apesar do menor número, estão presentes em cada AP. Já os equipamentos de lazer, apenas se encontram na AP3 e AP5, em regiões consideradas suburbanas, o que chama a atenção. São áreas, onde os moradores locais costumam se deslocar, com o intuito de realizar atividades esportivas, culturais e promover a socialização, o que mostra a importância do estabelecimento de praças e parques, nestas regiões, contribuindo para o fortalecimento dos laços sociais e afetivos, naqueles bairros e localidades. Por fim, é possível constatar que, tanto os equipamentos de saúde quanto os de transporte, se situam na AP1 e AP3, o que corrobora a noção de que o Centro e a Zona Norte possuem um notável desenvolvimento e integração da malha de transporte e também, relevante oferta de serviços médicos, por conta das unidades de saúde presentes, mesmo que corresponda a um baixo número no total; visto que muitos outros estabelecimentos de relevância (e de variados tipos) não são englobados por nenhuma área de interesse, ficando às margens do estudo e dos resultados. O gráfico abaixo mostra os padrões de distribuição encontrados, corroborando os resultados e sintetizando-os (Figura 6).

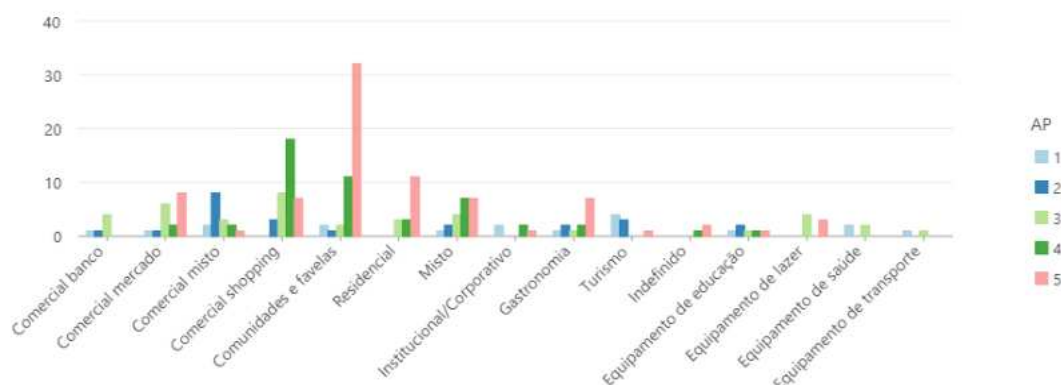


FIGURA 6 - Gráfico das áreas de interesse por usos predominantes específicos e equipamentos por Área de Planejamento. Elaboração própria.

Logo, percebe-se uma disparidade no uso referente a comunidades e favelas, altamente concentrado na AP5. O uso comercial *shopping* se mostra mais presente na AP4. Por sua vez, a AP3 igualmente possui maioria das áreas classificadas nesta categoria, com destaque também para comercial mercado, e sendo a única a ser dotada de todos os tipos de equipamentos. A AP2 apresenta grande parte das áreas de interesse, enquadradas como comercial misto. Já a AP1, terá enfoque maior no turismo, apesar de possuir certo equilíbrio no que se refere aos demais usos presentes.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados da pesquisa, tornou-se possível identificar padrões de espacialização, referentes a cada uso formulado e exposto. Uma cidade do tamanho do Rio de Janeiro possui uma vasta oferta de serviços localizados pelo território, de diferentes tipos, o que se traduziu no âmbito dos resultados.

Pudemos ver que o comércio é um condicionante importante para compor as áreas de interesse do Google, por motivarem as pessoas que, de acordo com suas pretensões e necessidades, vão a determinados lugares do território, em busca de um nicho específico, por haver uma aglomeração de serviços do mesmo tipo ou pela facilidade, no que tange ao acesso e à mobilidade urbana, considerando as redes e as centralidades intraurbanas e suas dinâmicas (Kneib, 2014).

Uma questão emerge da análise dos resultados, pelo fato de haver áreas de interesse enquadradas como uso residencial, que correspondem a 8,1% das 210 áreas abordadas. Apesar do Google não utilizar a localização em espaços privados, como domicílios, elas se mostram presentes na classificação, mesmo tendo sido indiretamente, ou de maneira colateral, processadas pelo algoritmo.

Outro ponto a ser destacado, refere-se ao apelo turístico do Rio de Janeiro, que atrai milhões de turistas, todos os anos, sejam brasileiros ou estrangeiros, principalmente, no verão, mais especificamente, durante o Ano Novo e o Carnaval. O uso predominante relacionado ao turismo se faz presente com seus 3,81%. Entretanto, é curioso perceber que nenhuma área de interesse se localiza em praias. Sabe-se que o comércio praiano carioca é fortíssimo, sendo responsável pelo sustento de milhares de famílias e fomentado pelo grande público, que frequenta a orla, gerando um intenso movimento, em boa parte do ano e produzindo receitas anuais que se aproximam da casa do bilhão (Santos *et al.*, 2020). Mesmo assim, estes fatores foram desconsiderados na equação, demonstrando lacunas a serem preenchidas, acerca da criação de áreas de interesse, ou, neste caso, da ausência.

Logo, podemos concluir que as áreas de interesse situadas na cidade, apesar da base global do Google promover algumas abstrações, são consideravelmente representativas do cenário urbano do Rio de Janeiro, apresentando um grande número de classes e tipologias, que condizem com os padrões observados. Dessa forma, podem promover diferentes análises urbanas, conforme o meio geoinformacional se expande e produz dados, potencializando a interpretação do espaço, a partir de outros prismas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FITZ, P.R. Uso de geotecnologias para o planejamento espacial. **Geografia**, v. 33, n. 2, p. 307-318, 2008.

GOMES, P.C.C. Espaços públicos: um modo de ser do espaço, um modo de ser no espaço. *In*: CASTRO, I.E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. **Olhares geográficos: modos de ver e viver o espaço**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 19-41, 2012.

GOODCHILD, M.F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, p. 211-221, 2007.

KNEIB, E.C. **Projeto e cidade: centralidades e mobilidade urbana**. Goiânia: Gráfica UFG, 2014. 324p.

REGO, R.L.; SCHWABE, K.M.A respeito de morfologia urbana. Tópicos básicos para estudos da forma da cidade. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 2, p. 123-127, 2011.

SANTOS, J.V.L.; PRUDENTE, J.V.; PARENTE-RIBEIRO, L.; LINS-DE-BARROS, F. Efeitos e desafios da pandemia da Covid-19 para a economia de praia: o caso do negócio de barracas no Rio de Janeiro, Brasil. **Revista COSTAS: Manejo Costero Integrado en Iberoamerica**, v. 2, n. 2, p. 263-286, 2020.

CAPÍTULO 41

ANÁLISE ESPACIAL DO INDICADOR DE CANAIS RETILÍNEOS EM PAISAGENS DE WETLANDS

Catharina Delfi Penna Figueiredo¹

Evelyn de Castro Porto Costa¹

Raúl Sánchez Vicens¹

1. Universidade Federal Fluminense - UFF. Departamento de Geografia. Rua Miguel de Frias, 9, Icaraí. Niterói. RJ. CEP: 24220-900. catharinap@id.uff.br; evelyncosta@id.uff.br; rsvicens@id.uff.br.

RESUMO

Essa pesquisa aborda a temática dos estudos da geoecologia das paisagens, com ênfase à análise das paisagens pantanosas, localizadas no território fluminense. Essas paisagens, também denominadas como *wetlands*, prestam importantes serviços ambientais à sociedade e devem ser consideradas no âmbito do planejamento e gestão ambiental. Dessa forma, é importante compreender a influência das modificações antrópicas na dinâmica hídrica e ecológica dessas paisagens. Logo, o objetivo dessa pesquisa é mapear e analisar a distribuição espacial da densidade de canais retelinizados de regiões hidrográficas com maior incidência de *wetlands* no estado do Rio de Janeiro. Para tanto, foram utilizadas como metodologia técnicas de geoprocessamento e interpretação de imagens, utilizando como materiais dados vetoriais da rede de drenagem do território fluminense e imagens de satélite de alta resolução espacial. Como resultados foi analisada uma maior concentração de canais retelinizados em áreas de ação antrópica intensa, predominantemente em áreas com dinâmica fluvio-marinhas.

Palavras-chave: hidrografia; drenagem canalizada; indicador ambiental; geoecologia das paisagens; interpretação visual.

ABSTRACT

This research addresses the theme of landscape geoecology studies, with an emphasis on the analysis of swamp landscapes located in the territory of Rio de Janeiro. These landscapes, also known as wetlands, provide important environmental services to society and should be considered within the scope of environmental planning and management. Thus, it is important to understand the influence of anthropogenic modifications on the hydrological and ecological dynamics of these landscapes. Therefore, the objective of this research is to map and analyze the spatial distribution on the density of straightened channels in hydrographic regions with a higher incidence of wetlands in the state of Rio de Janeiro. For this purpose, geoprocessing and image interpretation techniques were used as methodologies, utilizing vector data of the drainage network of Rio de Janeiro and high spatial resolution satellite images. As a result, a higher concentration of straightened channels was analyzed in areas of intense anthropogenic activity, predominantly in areas with fluvio-marine dynamics.

Keywords: hydrography; channeled drainage; environmental indicator; landscape geoecology; visual interpretation.

INTRODUÇÃO

As *wetlands* são regiões que apresentam um volume de água significativo, durante todo o ano ou em determinados períodos, podendo ser permanentes ou periódicas. Estas áreas são cruciais para a biodiversidade, além de desempenharem funções vitais, como a regulação de inundações, o suporte à agricultura e a recarga de lençóis freáticos (Russi *et al.*, 2013). No entanto, a falta reconhecimento e registro oficial destas áreas frequentemente as exclui das políticas públicas de preservação colocando-as em risco.

Uma unidade de análise dos *wetlands* nesta pesquisa são as tipologias de paisagens, que classificam diferentes formas e características da paisagem. As tipologias ajudam a analisar as dinâmicas ambientais, identificando unidades de paisagens, baseadas em componentes estruturais e funcionais (Rodriguez *et al.*, 2022).

A determinação de canais retilíneos é de grande auxílio para esse estudo, por isso, o objetivo deste trabalho é mapear e analisar, espacialmente, os canais retilíneos presentes em paisagens do Norte Fluminense, com a intenção de fornecer base de dados robusta para o estudo das áreas úmidas.

Esses canais retilíneos são caracterizados por seu trajeto linear, alterado pela obra antrópica, diferindo das drenagens naturais, que seguem trajetórias e formatos sinuosos, adaptadas ao relevo local e formações geológicas. A identificação e caracterização desses canais são fundamentais para compreender a dinâmica hídrica e a integridade ecológica das áreas úmidas.

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, com auxílio de plataformas e bancos de dados geoinformacionais, disponibilizados pelos órgãos públicos. Estas ferramentas permitiram uma análise mais completa da paisagem e dos estados ambientais das bacias hidrográficas analisadas, facilitando o refinamento e a reclassificação dos dados.

METODOLOGIA

Para esse estudo, foram selecionadas três regiões hidrográficas (RH), que se tratam de espaço territorial compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas, homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos (MMA, 2003). Muitas RHs, localizadas no estado do Rio de Janeiro, sofreram (e ainda sofrem) grandes modificações em suas drenagens, com obras de infraestrutura, agricultura e contínuo crescimento urbano. O estado do Rio de Janeiro foi dividido em nove RHs, baseadas nessa definição, e foram trabalhadas três: RH VI, RH VIII e RH IX, escolhidas pela alta concentração de *wetlands* (Figura 1). Essas RHs tratam respectivamente das RH VI com Lagos São João, RH VIII com a bacia dos rios Macaé e das Ostras e RH IX, com o Baixo Paraíba do Sul e a sua foz.

Metodologicamente, a cartografia de canais retilíneos inicia-se pela escolha de dados e escalas adequadas para representar o sistema hidrológico de interesse. Seguindo esses preceitos, o trabalho se desenvolveu com as etapas, detalhadas a seguir, utilizando a base cartográfica de hidrografia, gerada pela Secretaria do Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizada na base de dados do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), com escala 1:25.000, sendo este mapeamento, referente a 2018.

O primeiro passo foi a definição da escala de análise, estabelecida em 1:25.000. Esta escala foi escolhida, por permitir um detalhamento suficiente para identificar as características retilíneas dos rios na região Norte Fluminense. Estes dados incluem informações detalhadas sobre a rede de drenagem e corpos d'água da região.

Ressalta-se que os dados fornecidos não acompanham uma descrição das drenagens naturais e aquelas antropizadas e retilizadas, por meio de obras. Dessa forma, foi necessário editar manualmente os dados lineares, atribuindo um elemento descritivo a esse dado. Logo, esse procedimento foi realizado, com base na interpretação visual dos dados, e na seleção manual de cada rio, utilizando ferramentas de geoprocessamento no ArcGIS e a aplicação da teoria da interpretação de imagens (Novo, 2010). A autora destaca que as principais características, a serem analisadas na imagem são: tonalidade/cor, textura, padrão, localização/contexto, forma, sombra e tamanho.

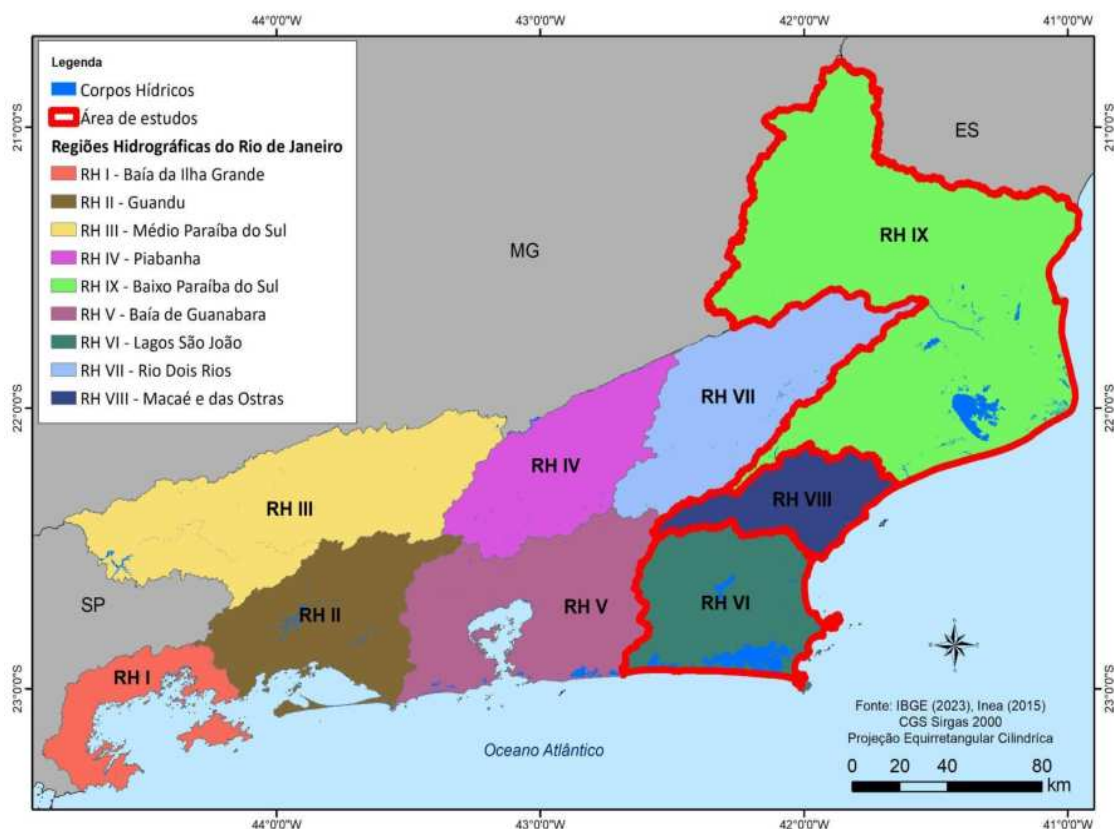


FIGURA 1 - Localização da área de estudo. Elaboração própria.

Dentre as técnicas de interpretação para esta pesquisa, destaca-se a diferenciação de objetos por padrão, localização, forma e tamanho, como elementos principais (Figura 2). A forma mais alongada, sem sinuosidades, apresenta como o principal elemento a ser destacado como retilíneo. Posteriormente, a localização e contexto, no qual a drenagem estava inserida na imagem, se apresenta como uma importante ferramenta de identificação dos canais antropizados. Além destes, o padrão constante e repetido em áreas agrícolas, juntamente com os tamanhos padronizados, ajudaram na interpretação destes canais.

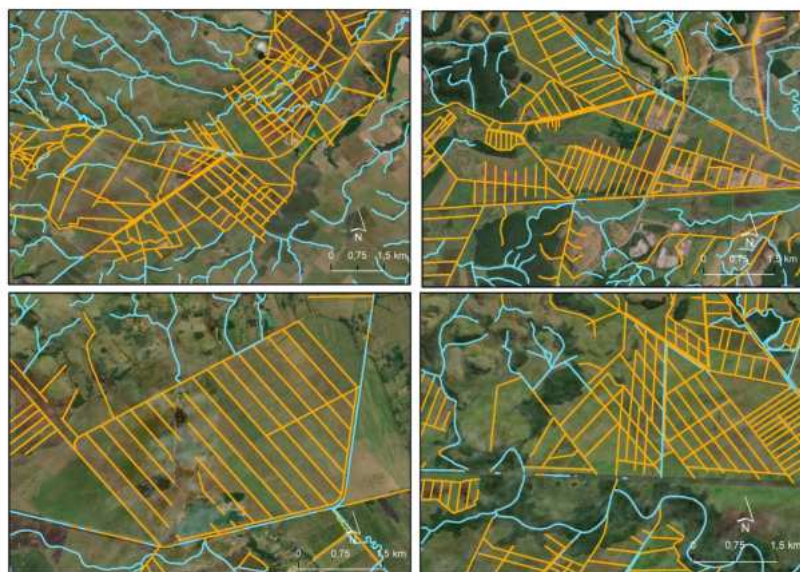


FIGURA 2 - Exemplo de classificação de canais retilíneos (em amarelo) e canais naturais (em azul). Elaboração própria.

Assim, a seleção dos canais foi realizada, por meio da interpretação visual dos dados cartográficos, seguida pela seleção e classificação manual da drenagem retilínea. Esta abordagem garantiu que apenas os rios com características retilíneas fossem incluídos na análise e não houvessem equívocos na classificação. Nessa etapa, foram utilizadas imagens de alta resolução espacial, oriundas da plataforma *Google Earth Pro*, bem como imagens disponibilizadas pelo Base Map do ArcMap.

Para a estimativa da retilinearidade dos rios, o sistema utilizou-se o algoritmo de densidade de canais retilíneos, que se fundamenta em um cálculo da diferença entre a rede de drenagem retilinizada e a rede de drenagem total. Este cálculo é fundamental para destacar a área de interesse, a partir do grau de retilinearidade presente na rede hidrográfica da região, e a sua fórmula pode ser compreendida como:

Indicador de canais retilíneos = Extensão dos Canais Retilíneos/Extensão total da drenagem

Ressalta-se que esse cálculo foi realizado individualmente para cada unidade de paisagem presente nas três regiões hidrográficas destacadas. Logo, foi calculada a densidade de canais retilíneos, para cada paisagem da área de estudo, que são diferenciadas por características geológicas em comum. Os resultados obtidos foram sistematizados para permitir uma compreensão abrangente da retilinearidade dos rios na região Norte Fluminense. Esta sistematização incluiu a elaboração de mapas temáticos e a análise estatística dos dados coletados.

RESULTADOS

O mapeamento revelou uma distribuição significativa de canais retilíneos, com uma concentração notável em áreas de agricultura, pecuária e urbanização. Em áreas de agricultura e pecuária, a prática de retificação dos canais nestas regiões é comumente adotada, a fim de tornar o terreno mais prático e eficiente para a atividade de pastoreio, criação de gado, manejo e irrigação das plantações, permitindo um controle sobre a água e que a linearidade dos canais evita que o formato natural dos rios interfira nas operações de cultivo e minimizam a perda de pastagens, assim, melhorando a produtividade e a gestão da terra. Para a análise dessa concentração, foram utilizados os resultados do indicador de canais retilíneos (Tabela 1), que demonstra a densidade de retificação dos canais e é ilustrado, a seguir (Figura 3).

Foi identificada a presença de canais retilíneos, em áreas urbanas, como nas cidades litorâneas, que ficam próximas à foz ou desses corpos hídricos, a exemplo do entorno da Lagoa de Araruama. Em sua maioria, o propósito é facilitar construções de rodovias, áreas comerciais e residenciais, maximizando o uso do solo.

TABELA 1- Classificação do indicador de retificação de canais.

Indicador de Canais Retilíneos	Classificação
0	Sem densidade
0,01 - 0,20	Muito Baixa
0,21 a 0,27	Baixa
0,28 a 0,52	Média
0,53 a 0,99	Alta
1	Muito Alta

Elaboração própria.

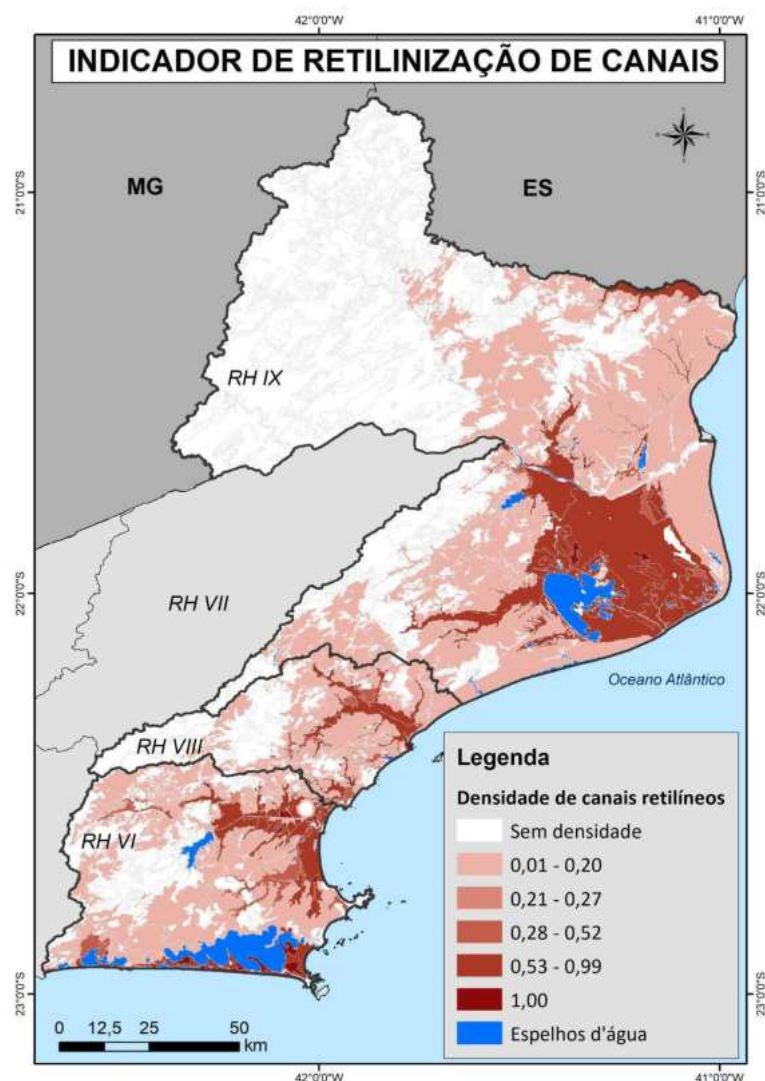


FIGURA 3 - Mapeamento do indicador de retificação de canais fluviais. Elaboração própria.

Observou-se que, na RH VI, que inclui a região dos Lagos São João, a bacia apresentou grande concentração de canais retificados nas regiões de alta atividade antrópica, como em cidades, fazendas e aeroportos; o último, inclusive, paralelo ao Rio São João. Na RH VIII, a retificação segue majoritariamente o deságue do rio das Ostras, devido ao concentrado urbano na área que deveria ser de mata ciliar e, logo, temos a foz do Rio Macaé, que apresenta o mesmo caso. As regiões que também apresentam canais retificados, porém em densidade menor, seguem a lógica da urbanização e da atividade agrícola.

Já na RH IX, esse acúmulo urbano não segue o rio Paraíba do Sul até sua foz, mas sim, se concentra entre esse rio e a Lagoa Feia, até o deságue da Lagoa, no Canal da Flecha/Barra do Furado. Mais a norte, observa-se também um acúmulo de canais retificados, bem na fronteira com o Espírito Santo, estes possuem uma massa de água barrenta à sua volta.

Ao analisar espacialmente a distribuição das maiores densidades de canais retificados, observa-se que a bacia do rio São João se destaca na RH VI, juntamente com a parte sul da Lagoa de Araruama, que possui canais artificiais, em áreas de salicultura, na produção de sal marinho. Já na RH VIII, destaca-se a bacia do rio Macaé, como a principal drenagem canalizada. Na RH IX, podem ser elencados o entorno da Lagoa Feia, o rio Itabapoana e o rio Macabu, como principais drenagem canalizadas.

A problemática vista nesses casos, é que essa retificação, por mais que tenha alguma funcionalidade, traz péssimas consequências, como o aumento de inundações, causadas justamente pela canalização não prever o aumento do fluxo de água, o que, ao inundar, destrói pastagens, plantações e acarreta a perda de moradias. Ademais, com a alteração do regime hidrológico e a deterioração da qualidade da água, diversos *habitats* essenciais são perdidos, o que afeta a população local, caso usem algum recurso natural como fonte de renda, o que é habitual em cidades de pescadores, por exemplo. Outras consequências são erosões e deslizamentos; e perda de moradias. Logo, entende-se que a concentração de canais retificados nessas áreas, destaca a influência significativa das atividades humanas, na modificação das paisagens naturais, visto que tratam-se de áreas onde se concentram os *wetlands*. Essas alterações têm implicações importantes para a gestão dos recursos hídricos, a sustentabilidade ambiental e o planejamento territorial. É fundamental que futuros estudos e políticas públicas considerem esses fatores, a fim de considerar essas regiões nos documentos oficiais, promovendo um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico dessas regiões e a conservação ambiental.

CONCLUSÕES

O processo metodológico seguido neste trabalho permitiu a caracterização detalhada dos rios retificados no Norte Fluminense, utilizando técnicas de geoprocessamento e de análise de dados hidrológicos. A escolha criteriosa da base de dados, em escala detalhada, a definição precisa das unidades de análise e a utilização de ferramentas de geoprocessamento, como o ArcGIS, foram fundamentais para o êxito da pesquisa.

A análise revelou uma distribuição significativa de canais retificados, em áreas de atuação antrópica, como agricultura e pecuária, na região analisada. Portanto, é imperativo que futuros estudos fomentem políticas públicas, que considerem a hidrografia das bacias existentes nas regiões hidrográficas do Norte Fluminense, com certa atenção aos canais retificados já existentes. Pesquisas no âmbito das mitigações das mudanças climáticas, por exemplo, podem adotar mapeamentos temáticos como este, no qual indicam-se a localização e a densidade de paisagens com canais retificados, que, conseqüentemente, podem sofrer maiores consequências, em caso de eventos extremos e inundações.

A presente pesquisa fornece uma base de dados de grande relevância para investigações na geociências, além de fomentar um entendimento aprofundado da distribuição dos canais retificados, em áreas que se situam em ecossistemas que prestam serviços ambientais relevantes à sociedade, tais como os *wetlands*. A continuidade desses estudos é crucial para a adaptação das práticas de uso do solo e para a proteção das paisagens naturais, garantindo a sustentabilidade dos recursos hídricos. Como desdobramentos futuros desta pesquisa, pretende-se reunir outros indicadores ambientais à área de estudo, a fim de analisar espacialmente os estados ambientais dessas paisagens, sendo possível inferir nas paisagens mais comprometidas e nas mais estabilizadas ambientalmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MANUEL, J.; RODRIGUEZ, M.V.; AGOSTINHO, S.; CAVALCANTI, P.B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2022.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0032-151003.PDF>
- NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. Editora Blucher, 2010.
- RUSSI, D.; TEN BRINK, P.; FARMER, A.; BADURA, T.; COATES, D.; FÖRSTER, J.; KUMAR, R.; DAVIDSON, N. **The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands**. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland, 2013.

CAPÍTULO 42

ANÁLISE ESPACIAL DO ÍNDICE DE ANTROPIZAÇÃO POR PRESENÇA DE ELEMENTOS ANTRÓPICOS (IAEA) NO BAIXO PARAÍBA DO SUL E ITABAPOANA-RJ

Yan Costa Perissé Pereira¹

Evelyn de Castro Porto Costa²

Raúl Sánchez Vicens¹

1. Universidade Federal Fluminense - UFF. Departamento de Geografia. Rua Miguel de Frias, 9, Icaraí. Niterói. RJ. CEP: 24220-900. yanperisse@id.uff.br; rsvicens@id.uff.br.

2. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP). Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. evelynportocosta@yahoo.com.br.

RESUMO

A presente pesquisa analisa os níveis de pressão antrópica da Região Hidrográfica IX (Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana), localizada no Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro, baseado no Índice de Antropização por Presença de Elementos Antrópicos (IAEA). A partir do processamento em SIG, o IAEA distribui pesos de 1 a 5 para as unidades de paisagens de acordo com a criação de densidades de alguns indicadores selecionados. A área de estudo possui grande relevância para a pesquisa devido ao seu dinamismo social e econômico e, especialmente, por abrigar diferentes tipos de ecossistemas e recursos naturais, sendo possível encontrar uma grande incidência de diversidade de coberturas naturais. Como resultado, foram identificadas as unidades de paisagem com maior presença de elementos antrópicos, caracterizadas como paisagens antropogênicas, tendo em vista as diferentes atividades antrópicas atuantes.

Palavras-chave: antropização; estados ambientais; regiões de paisagem; indicadores ambientais; geoprocessamento.

ABSTRACT

This study examines the levels of anthropogenic pressure in Hydrological Region IX (Baixo Paraíba do Sul and Itabapoana), located in the North and Northwest of the state of Rio de Janeiro, using the Anthropization Index by Presence of Anthropogenic Elements (IAEA). Through GIS processing, the IAEA assigns weights from 1 to 5 to landscape units based on the density of selected indicators. The study area is of significant research interest due to its social and economic dynamism and, notably, its diverse ecosystems and natural resources, which include a wide variety of natural land covers. The results identified landscape units with the highest presence of anthropogenic elements, characterized as anthropogenic landscapes, considering the different human activities present.

Keywords: anthropization; environmental status; landscape regions; environmental indicators; geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Como parte de um trabalho que busca entender os níveis de pressão antrópica e o estado ambiental das paisagens na região hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, no estado do Rio de Janeiro, a utilização de indicadores é essencial para embasar a classificação dos estados ambientais, assim como saber como são e como funcionam os sistemas naturais, quais os problemas que os afetam e que potencial eles possuem (Gómez Orea, 2002). Dessa forma, é possível conhecer as características naturais do território e suas fragilidades para atividades humanas, compreender as formas de uso dele e seus recursos naturais e determinar legislações que condicionam seu uso e exploração.

Os estados ambientais são mensurados a partir do tipo e grau de modificação antropogênica, além da capacidade de absorção e reação dos geossistemas. Desse modo, a análise da paisagem neste projeto segue a perspectiva da geoecologia das paisagens, em que se analisa a partir da regionalização, tipologia e limite espacial das unidades que possuem características em comum (Rodríguez *et al.*, 2017). Entende-se as paisagens antropogênicas, relevantes neste trabalho, como “o sistema natural produtivo composto por segmentos da natureza levemente a fortemente modificados”. O grau dessa antropização depende da complexidade taxonômica das paisagens, sendo maior à medida que é menor a complexidade. Assim, Rodríguez *et al.* (2017) caracteriza dois processos simultâneos de desenvolvimento da paisagem: “a utilização consciente da natureza, e a ‘sobreutilização’, que leva à degradação e uso irracional de muitas paisagens”.

Assim, a avaliação do estado ambiental mostra-se fundamental em um contexto de intensificação das pressões ambientais globais, sobretudo, oriunda das mudanças de uso e cobertura da terra e das variações climáticas. Alguns serviços ambientais importantes, como o sequestro de carbono, a regulação e qualidade da água e a produção de alimentos, são diretamente influenciados por essa pressão. Essa avaliação, portanto, auxilia na esfera do planejamento e ordenamento territorial para adoção de políticas de progresso social e de conservação da natureza.

Em vista dessa análise da paisagem, como já antecipado, o geoprocessamento aparece como uma ferramenta indissociável para chegar a uma compreensão da organização e do funcionamento dos geossistemas (Costa *et al.*, 2020). É por meio dele que se torna possível observar padrões espaciais de usos nas regiões de paisagem ao aplicar a complexidade de dados de elementos antropogênicos, ou seja, “introduzidos pelo homem à paisagem para realizar as funções socioeconômicas que lhe foram atribuídas” (Maya, 2013), em torno do Índice de Antropização por presença de Elementos Antrópicos, o IAEA. Além disso, o uso dessa ferramenta permite uma decisão mais facilitada em relação ao planejamento territorial, a partir dos resultados obtidos, em formato de mapas e análises. Para isso, foi necessário o uso de dados geoinformacionais, de natureza secundária, fornecidos de forma gratuita por instituições públicas.

METODOLOGIA

A área de estudo em questão compreende os limites da Região Hidrográfica IX do estado do Rio de Janeiro, denominada Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. A escolha dessa área para a análise do IAEA se deu por ser fundamental para o estado do Rio de Janeiro, seja pela importância e dinâmica social e econômica ou por abrigar diferentes tipos de ecossistemas e recursos naturais, e por ser a principal região hidrográfica do Norte Fluminense. Nessa região ainda é possível encontrar uma grande incidência de diversidade de coberturas naturais nesta região e, principalmente, uma grande ocorrência de *wetlands*, áreas de cobertura inundável, de forma permanente ou temporária, que fazem parte do objeto futuro de análise do estado ambiental na pesquisa deste projeto.

O início do trabalho se deu a partir do levantamento bibliográfico envolvendo a área da geoecologia da paisagem e, principalmente, da pesquisa e *download* de uma grande quantidade de dados espaciais de plataformas gratuitas (INDE, INEA, IBGE, ANM, Incra, MPRJ, Aneel e MapBiomias), que pudessem ser úteis em indicadores para a pesquisa. A organização foi feita em um banco de dados criado para a pesquisa. Posteriormente, tendo como base o trabalho de Maya (2013) e selecionando os dados que fossem particularmente relevantes, de maior incidência ou relevância socioeconômica para a análise do IAEA na área de estudo em questão, foram escolhidos os quatro primeiros dados, conforme consta na Tabela 1. Além dos dados, obtidos a partir de plataformas digitais, foram incorporados ao banco de dados as unidades de paisagem do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, sendo este, o recorte espacial no qual as análises serão realizadas.

TABELA 1 - Dados e fontes.

Dados	Fonte
Vias (1:50.000)	Inea (2024)
Linhas de transmissão	IBGE (2018)
Indústrias	IBGE (2018)
Processos minerários	ANM (2024)
Unidades de paisagem	LAGEF (2019)

Elaboração própria.

O polígono de unidades de paisagem foi fundamental para este trabalho. Esse dado consiste em uma regionalização das paisagens da região do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana em quatro ordens hierárquicas de mapeamento, de acordo com o nível de detalhamento dos atributos que compõem geoeologicamente essas paisagens, conforme proposto por Rodriguez *et al.* (2019). Dessa forma, foi adotado o maior nível hierárquico do mapeamento, considerando uma individualização bem detalhada da área de estudo, a serem distribuídas em 101 regiões de paisagem, diferentes e irrepetíveis do espaço, sendo estes polígonos, a base geográfica para os processamentos realizados.

O critério dessa regionalização leva em conta a uniformidade geoeológica, sendo indissociáveis do ponto de vista geossistêmico. Já a denominação aconteceu, a partir das características geomorfológicas, utilizando-se nomes locais. Desse modo, os primeiros nomes passam por características como cabeceiras, colinas residuais, planícies, pontões, serras e tabuleiros, conforme metodologia adotada por Vicens *et al.* (2019).

Em um segundo momento, fazendo uso do levantamento bibliográfico realizado, foi escolhido o Índice de Antropização por Presença de Elementos Antrópicos (IAEA), a partir da leitura de “Paisajes antro-po-naturales en Tzintzuntzan y sus alrededores” (Maya, 2013) para obter os primeiros resultados de indicadores na área de estudo, valendo-se das ferramentas de geoprocessamento. Assim, foram utilizadas as ferramentas *cut* e *join*, para cortar os dados, a partir da área de estudo, e juntar com as informações de tabela dos dados de unidades de paisagens, fornecido pelo LAGEF.

Na terceira etapa, começaram a ser formados os indicadores de densidade de elementos antrópicos. Em dados lineares, como vias e linhas de transmissão, foram gerados em tabela os quilômetros percorridos e divididos pelas áreas das unidades de paisagem, a fim de obter as densidades, enquanto que os dados pontuais passaram por um *join* de contagem por unidade de paisagem para obtenção das densidades. Em seguida, todos os dados tiveram sua geometria alterada para polígono, utilizando o *shapefile* original de unidades de paisagens, a partir do *join* de tabelas de atributos, a partir de camadas, conectando a coluna em comum de região de 4ª ordem, em todos os *shapefiles*.

O Índice de Antropização por Presença de Elementos Antrópicos (IAEA) (eq. 1) foi baseado na metodologia proposta por Maya (2013). Além das variáveis propostas pela autora, como densidade de vias e linhas de transmissão, foram também utilizadas nesta análise, as densidades de indústrias e de processos minerários, como elementos antropogênicos. O IAEA se propõe a classificar as paisagens em níveis de antropização, por meio de pesos, que variam de 1 a 5 e são definidos em cada indicador (vias, linhas de transmissão, indústrias e processos minerários), a partir de quebras naturais estatísticas de densidade, em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG). Dessa forma, ele permite que se obtenha uma variação do grau de modificação do homem (ou antropização), por região de paisagem, no Baixo Paraíba do Sul e em Itabapoana, sendo o peso 1, correspondente àquele de menor antropização e o peso 5, aquele com maior antropização. Portanto, o índice possui um importante papel na mensuração do estado ambiental das paisagens, o que é de grande importância para o planejamento e a gestão ambiental e territorial.

$$IAEA = \sum_{i=1}^n p_i \quad (\text{eq. 1})$$

Após o cálculo das densidades, foram atribuídos, aos intervalos criados por quebra natural, os pesos de 1 a 5, em cada unidade de paisagem, conforme especifica a Tabela 2.

TABELA 2 - Pesos do índice de antropização por presença de elementos antrópicos (IAEA).

Densidade de indústrias (pontos/km ²)	Densidade de linhas de transmissão (km/km ²)	Densidade de processos minerários (pontos/km ²)	Densidade de vias (km/km ²)	Pesos
0,000000 - 0,007009	0,000000 - 5,889280	0,000000 - 0,030226	0,000000 - 0,501895	1
0,007010 - 0,021646	5,889281 - 24,503431	0,030227 - 0,111124	0,501896 - 1,108067	2
0,021647 - 0,054966	24,503432 - 59,693771	0,111125 - 0,269684	1,108068 - 1,980543	3
0,054967 - 0,113075	59,693772 - 137,475920	0,269685 - 0,461036	1,980544 - 3,093636	4
0,113076 - 0,163316	137,475921 - 270,710529	0,461037 - 0,858062	3,093637 - 4,435281	5

Elaboração própria.

Em seguida, o IAEA foi calculado, a partir da junção de todos os *shapefiles*, em um único (novamente com a ferramenta *join*), soma dos pesos de cada indicador de densidade, que cada polígono de unidade de paisagem recebeu, e, depois, da divisão pelo número de indicadores (neste caso, quatro), para obtenção da média das densidades, que é o objetivo final do indicador. Com os valores de média, foi possível elaborar o mapa final, demonstrando a antropização por presença de elementos antrópicos, em cada unidade de paisagem.

RESULTADOS

As primeiras análises geradas (Figura 1), a partir do processamento dos dados, mostram como estão distribuídas espacialmente, por cada região de paisagem, as densidades de linhas de transmissão, processos minerários, vias e indústria. Percebe-se maior concentração de linhas de transmissão próximo à divisa com o estado de Minas Gerais, onde ficam os municípios de Miracema, Laje do Muriaé, Itaperuna, Natividade e Porciúncula, nas paisagens das “Superfícies elevadas das Serras Noroeste”. Os processos minerários também se localizam predominantemente no interior da área de estudo, em Campos dos Goytacazes, nas paisagens da “Serra de São Eduardo”, mais próximas à divisa com o estado do Espírito Santo, e “Pontão Serra da Itaoca”, mais próxima ao centro da cidade de Campos.

Já as densidades de vias e de indústrias seguem prioritariamente a ocupação urbana da região, se concentrando, sobretudo, próximo ao centro de Campos dos Goytacazes, nas paisagens dos “Terraços do Paraíba do Sul”. Vias, como é possível analisar, é um indicador mais presente ao longo de toda a área de estudo, com boa parte recebendo, no mínimo, o peso 3.

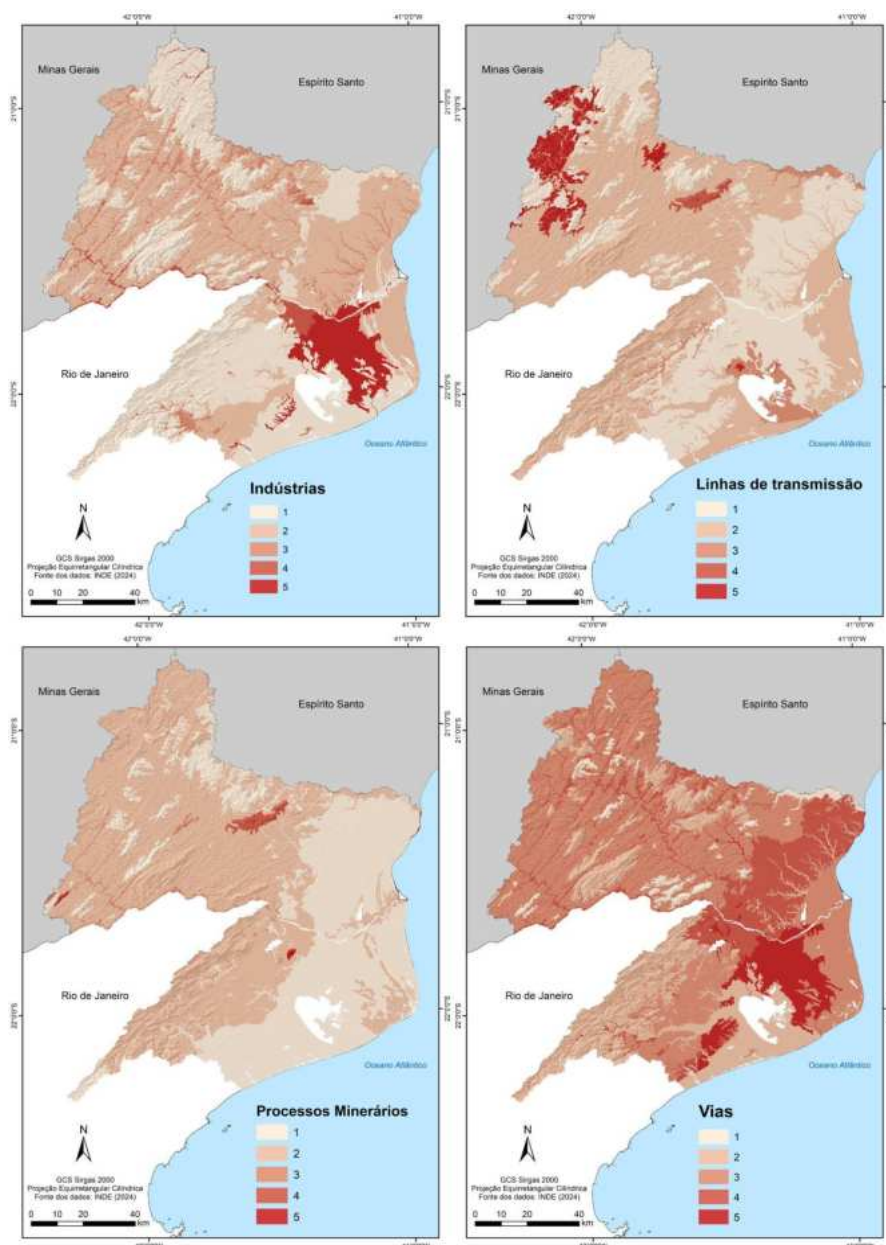


FIGURA 1 - Densidades de indústrias, linhas de transmissão, processos minerários e vias. Elaboração própria.

O mapa que sintetiza todas as densidades apresentadas é o de Índice de Antropização por Elementos Antrópicos (IAEA), representado na Figura 2. Após o processamento dos quatro indicadores, distribuiu-se o maior peso (3,25) para duas paisagens da área de estudos: “Superfícies elevadas das Serras Noroeste”, próximo a Minas Gerais, e Terraços do Paraíba do Sul, próximo ao centro de Campos dos Goytacazes. Respectivamente, essas duas regiões de paisagens foram caracterizadas pela forte presença de linhas de transmissão e de vias e indústrias.

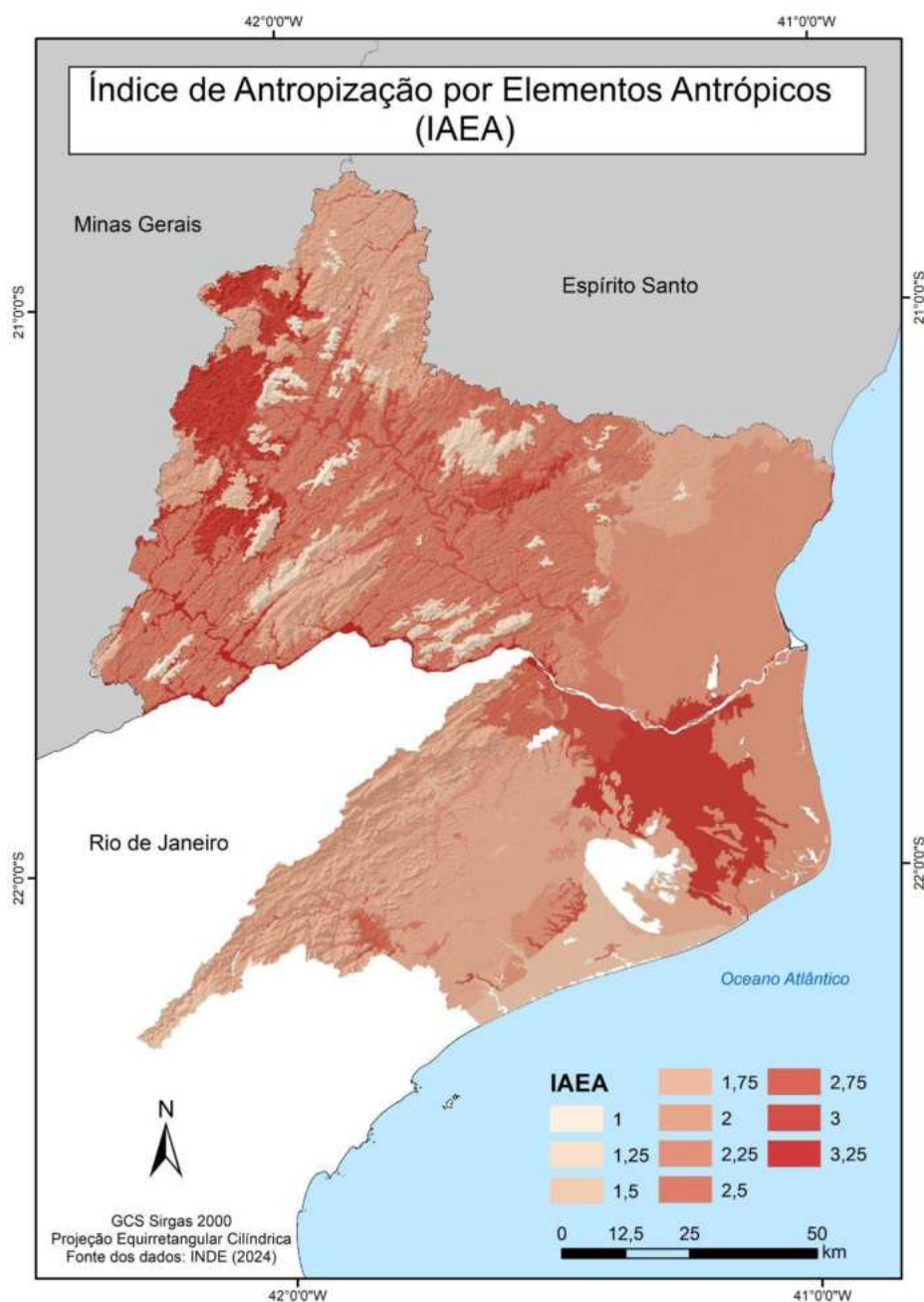


FIGURA 2 - Índice de Antropização por Elementos Antrópicos (IAEA). Elaboração própria.

Para fins de análise, pode ser classificado o IAEA, a partir dos intervalos agrupados, como alto, médio e baixo (Tabela 2).

TABELA 2 - Classificação do IAEA.

Classificação	Densidade IAEA
Baixa	1 a 2
Média	2 a 3
Alta	> 3

Elaboração própria.

A partir dos resultados, é possível analisar que os elementos antrópicos se encontram presentes em grande parte das regiões de paisagens, estando em concentrações altas, em áreas onde se localizam grandes concentrações urbanas, caracterizando paisagens antropogênicas. Em contraponto, as áreas de IAEA mais baixo se distribuem em áreas mais íngremes, com maior adensamento de fragmentos florestais, no qual a presença desses elementos é menor.

CONCLUSÕES

O uso do geoprocessamento e ferramentas de análise espacial desempenhou um papel central nesta análise de antropização, permitindo o processamento de dados de segunda natureza em indicadores de densidade e o cálculo do Índice de Antropização por Presença de Elementos Antrópicos (IAEA). Além disso, proporcionaram a percepção de maneira sistêmica e a facilitação da visualização dos resultados, a partir dos mapas, que são ferramentas fundamentais para o planejamento e a gestão territorial.

Por sua vez, a adaptação do IAEA para o Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana mostrou-se eficaz e possível de ser aplicada em outras pesquisas e áreas de estudo. Contudo, cabe ressaltar que é preciso trabalhar com unidades espaciais - no caso deste projeto, foram as regiões de paisagens; ou outros recortes espaciais, como as divisões políticas de municípios ou regiões administrativas, assim como entender quais dados são relevantes na área de estudo em questão.

No caso do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, alguns indicadores não foram selecionados, por não estarem presentes em quantidade relevante nos limites da região. Da mesma forma, outros elementos antrópicos podem ser obtidos, de acordo com a área a ser estudada, tornando o índice mais robusto e completo, o que caracteriza uma demanda relevante para a análise, como a presença de atividades agropecuárias, indicadores de urbanização e a retilinização de corpos hídricos.

Por fim, os desdobramentos futuros desta pesquisa incluem o desafio de continuidade da análise dos estados ambientais, a partir do processamento de novos dados e da utilização de outros índices, como o Índice de Transformação Antrópica (ITA), que oferece a possibilidade de analisar as pressões decorrentes das alterações de uso e cobertura da terra (Seabra *et al.*, 2023), e o Índice de Antropização de Coberturas Vegetais (IACV). A análise combinada desses índices oferece resultados mais completos e fiéis da realidade dos estados ambientais do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, E.C.P.; SEABRA, V.S.; SILVA, P.N.; LIMA, R.M.R. Análise da distribuição do uso e cobertura da terra por regiões de paisagem no entorno da Lagoa de Araruama-RJ. **Anais da V Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro**. 09-12 nov. 2020, Niterói, RJ. 1079 p. Geopartners, 2020. <https://jgeotec.com.br/>
- MAYA, A.E. **Paisajes antropo-naturales en Tzintzuntzan y sus alrededores**, Dissertação de Mestrado, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.
- RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Edições UFC, 2017.
- SEABRA, V.S.; COSTA, E.C.P.; SANTOS, M.P.; SILVA, J.G.O. Índice de transformação antrópica das unidades de paisagem do litoral leste do estado do Rio de Janeiro. In: SOUZA, E.M.F.R. (org.). **Geoinformação e análise espacial**: métodos aplicados a áreas antropizadas. 1. ed. Curitiba: Appris, 2023. p. 141-170.
- VICENS, R.S.; RODRIGUEZ, J.M.; CRONEMBERGER, F.M. A Paisagem Físico-Geográfica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 64, p. 2-17, 2020.

CAPÍTULO 43

ANÁLISE ESPACIAL DOS BLOCOS DE EXPLORAÇÃO DE HIDROCARBONETOS, PONTOS DE PERFURAÇÃO E ÁREAS ESPECIAIS NA BACIA DA FOZ DO AMAZONAS, PARÁ-MARANHÃO E BARREIRINHAS

Alexandre Alcazar Plácido Teixeira¹

Leonardo Junius Chapeta Santos²

Eduardo Thomaz de Aquino Ribeiro²

1. Universidade Federal Fluminense - UFF. Departamento de Geografia. Rua Miguel de Frias, 9, Icaraí. Niterói. RJ. CEP: 24220-900. alexandrealcazar@id.uff.br.

2. Universidade Federal Fluminense - UFF. Pós Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra. Campus Praia Vermelha. Av. Litorânea, s/n. Praia Vermelha. Niterói. RJ. CEP: 24210-346. santosleonardo@id.uff.br; eduardo_aquino@id.uff.br.

RESUMO

Em 1960, começaram as primeiras explorações de hidrocarbonetos na bacia da Foz do Amazonas, marcando o início de um novo período econômico na região. Recentemente, alguns estudos apontaram a presença de um sistema recifal, majoritariamente carbonático, na Margem Equatorial Brasileira, além de áreas ainda pouco conhecidas pela Ciência. Esse estudo realizou análises espaciais, utilizando dados apresentados no trabalho de Araujo *et al.* (2021), visando produzir dados comparativos e quantitativos, a respeito das zonas de exploração de hidrocarbonetos em áreas prioritárias nas bacias da área de estudo. A análise visa compreender o atual cenário entre as atividades industriais e a conservação ambiental, oferecendo subsídios para um planejamento mais sustentável na região. Os dados indicaram a presença de 155 pontos de perfuração inativos (licenciados entre 1970 e 2012), em uma área de 76.299,7 km² de blocos exploratórios não aprovados pelo IBAMA. A área de blocos ativos, em 2021, somou 20.168,6 km², com 31 pontos de perfuração licenciados, sendo que 72,9% destes blocos estão em áreas prioritárias para a conservação. Este estudo destaca a importância das geotecnologias para monitoramento contínuo das atividades de exploração e seus impactos ambientais, fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: bacia sedimentar; exploração; análise espacial; recifes carbonáticos.

ABSTRACT

In 1960, the first hydrocarbon explorations began in the Foz do Amazonas Basin, marking the onset of a new economic era in the region. Recently, some studies have pointed to the presence of a predominantly carbonate reef system on the Brazilian Equatorial Margin, in addition to areas still little known to science. This study conducted spatial analyses using data presented by Araujo et al. (2021), aiming to produce comparative and quantitative data regarding hydrocarbon exploration zones in priority areas within the study area's basins. The analysis aims to understand the current scenario between industrial activities and environmental conservation, providing support for more sustainable planning in the region. The data indicated the presence of 155 inactive drilling points (licensed between 1970 and 2012) in an area of 76,299.7 km² of exploratory blocks not approved by IBAMA. The area of active blocks in 2021 totaled 20,168.6 km², with 31 licensed drilling points, 72.9% of which are in priority conservation areas. This study highlights the importance of geotechnologies for continuous monitoring of exploration activities and their environmental impacts, which is fundamental for sustainable development.

Keywords: sedimentary basin; exploration; spatial analysis; carbonate reefs.

INTRODUÇÃO

A partir das décadas de 60 e 70, o Brasil iniciou um processo intensivo de incentivo à "modernização" da região Amazônica, com foco na urbanização e industrialização (Silva, 2019). Esse movimento buscava integrar a Amazônia ao modelo de desenvolvimento econômico nacional, promovendo a exploração de recursos naturais e a construção de infraestrutura urbana. Dentro desse contexto, em 1960, com a realização de levantamentos sísmicos e gravimétricos, começaram as primeiras explorações de hidrocarbonetos na bacia da Foz do Amazonas (Canellas, 2020), marcando o início de um novo período de atividades econômicas na região. Recentemente, foram realizados levantamentos *in situ* na região, que evidenciaram a presença de um sistema recifal, majoritariamente carbonático, além de identificar áreas ainda pouco conhecidas pela Ciência (Moura *et al.*, 2016). Essas descobertas ressaltam a necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

Uma das medidas adotadas para promover a conservação da biodiversidade local foi a proposta de delimitação de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente, entre 2007 e 2008 (Araujo *et al.*, 2021). Essa proposta utiliza, como base, a metodologia de Planejamento Sistemático de Conservação (PSC), segundo a qual, é realizada, de modo simultâneo, a coleta e o processamento dos dados espaciais, a respeito da ocorrência de espécies e ecossistemas. A partir disso, foram elaborados mapas, que delineiam as áreas, nas quais, se devem priorizar as ações de conservação da biodiversidade, em cada grande bioma e na Zona Costeira Marinha - Decreto n. 5092, de 21 de maio de 2004 (MMA, 2004).

Diante deste cenário, o presente trabalho tem, como objetivo, realizar análises espaciais, utilizando os dados fornecidos pelo estudo conduzido por Araujo *et al.* (2021), intitulado *Growing industrialization and poor conservation planning challenge natural resources' management in the Amazon Shelf off Brazil*. Este estudo servirá como base para a geração de dados espaciais e quantitativos, focando nas zonas de exploração de hidrocarbonetos e nas áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, inseridas nas bacias da Foz do Amazonas, Pará-Maranhão e Barreirinhas. A análise proposta busca contribuir para melhor entender das interações entre atividades industriais e a conservação ambiental, oferecendo subsídios para o planejamento mais sustentável na região.

METODOLOGIA

AQUISIÇÃO DE DADOS: os dados espaciais foram adquiridos, a partir do banco de dados disponibilizado pelo trabalho de Araujo *et al.* (2021).

PROCESSAMENTO DE DADOS: para visualização e processamento dos dados, foi utilizado o *software* QGIS 3.22.11. As análises quantitativas dos blocos exploratórios e pontos de perfuração foram realizadas com as rotinas "Calculadora de campo", "Interseção" e "Mostrar resumo estatístico" no QGIS. Para análise da distribuição espacial dos blocos exploratórios, foi utilizada a "Estatística por categoria", que permitiu categorizar as bacias com maior número de blocos. A análise quantitativa da distribuição espacial dos pontos perfuração foi obtida, por meio da "Contagem de pontos no polígono", sendo também utilizada a "Estimativa de Densidade de Kernel (EDK)", a fim de facilitar a visualização das regiões com maior incidência de pontos de perfuração ativos e inativos.

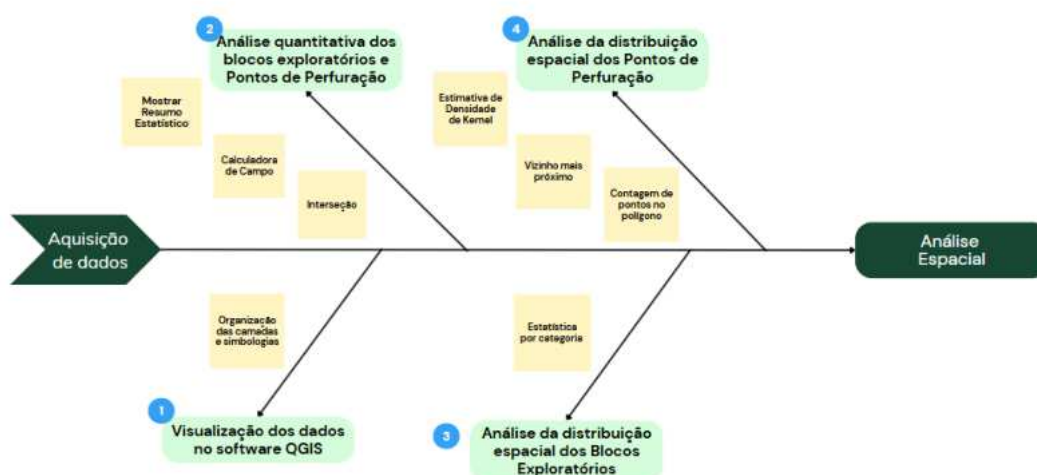


FIGURA 1 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

RESULTADOS

As análises evidenciaram que a área total de blocos exploratórios não aprovados pelo IBAMA somam aproximadamente 76.299,7 km², havendo 155 pontos de perfuração inativos, que estiveram *sob* licença, no período de 1970 a 2012 (Fig. 2). A área total dos blocos de exploração em operação nas bacias em questão foi de 20.168,6 km², com 31 pontos de perfuração *sob* licença (2021).

Foi possível observar que 14.694 km² dos blocos ativos estão em áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, algo que representa 72,9% do total de blocos em operação. Estão presentes nas áreas delimitadas como prioritárias para a conservação, 24 pontos de perfuração ativos (2021) e 7 pontos que estiveram *sob* licença.

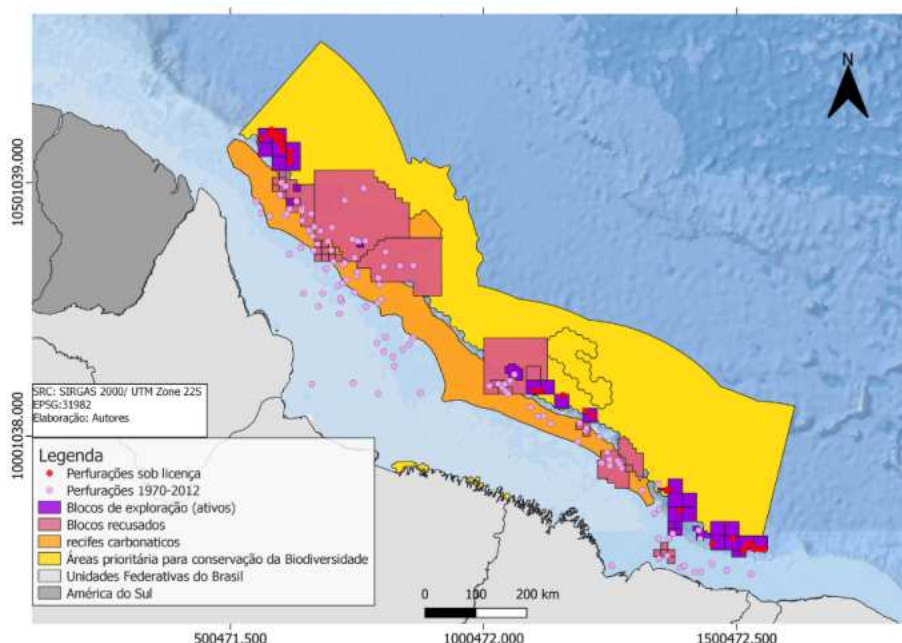


FIGURA 2 - Blocos exploratórios e pontos de perfuração (ativos e inativos). Elaboração própria.

A partir da análise quantitativa da distribuição dos blocos exploratórios ativos nas bacias sedimentares (Figura 3 e Gráfico 1), a bacia de Barreirinhas foi a que apresentou maior número (19 blocos, cerca de 55,9%), seguida da bacia de Foz do Amazonas (10, cerca 29,4%) e, por último, a bacia do Pará-Maranhão (5, cerca de 14,7%).

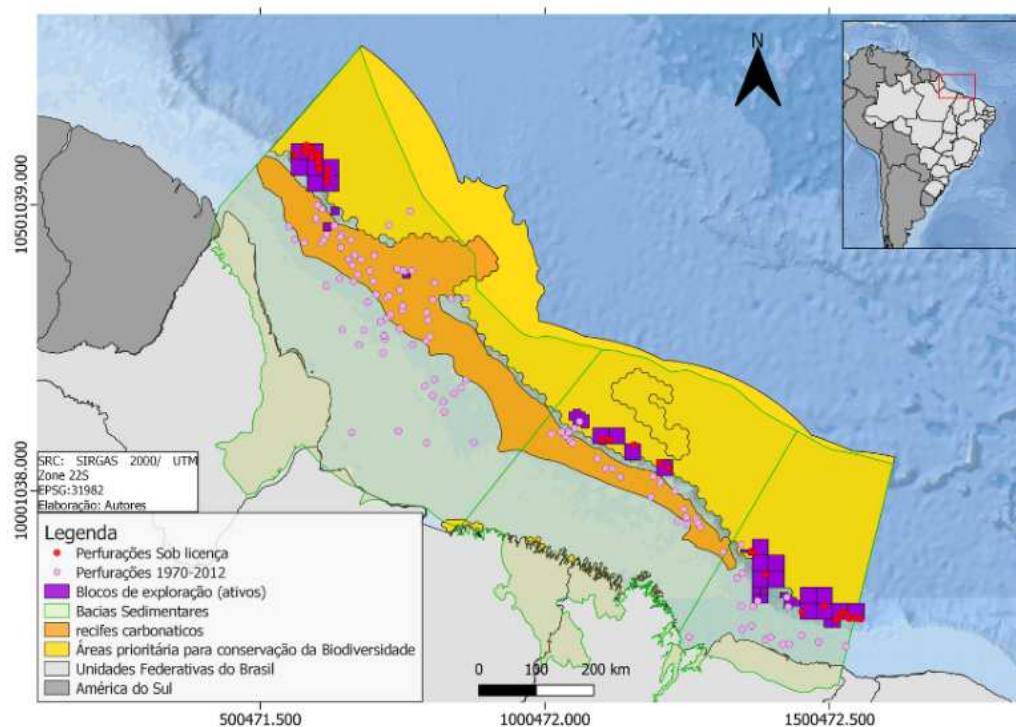
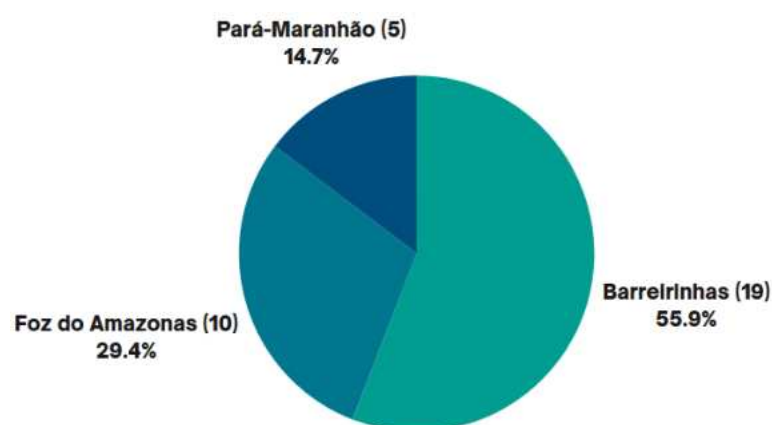


FIGURA 3 - Distribuição dos blocos exploratórios e pontos de perfurações nas Bacias Sedimentares da Foz do Amazonas, Pará-Maranhão e Barreirinhas. Elaboração própria.

GRÁFICO 1 - Distribuição dos blocos exploratórios ativos nas bacias sedimentares.



Elaboração própria.

As Figuras 4-I e 4-II mostra um comparativo entre os pontos de perfuração inativos (Fig. 4-I) (1970 até 2012) e os pontos de perfuração ativos (Fig. 4-II) (2021). A comparação evidencia o valor mais elevado de pontos inativos (cerca de 155) do que os ativos (cerca de 31).

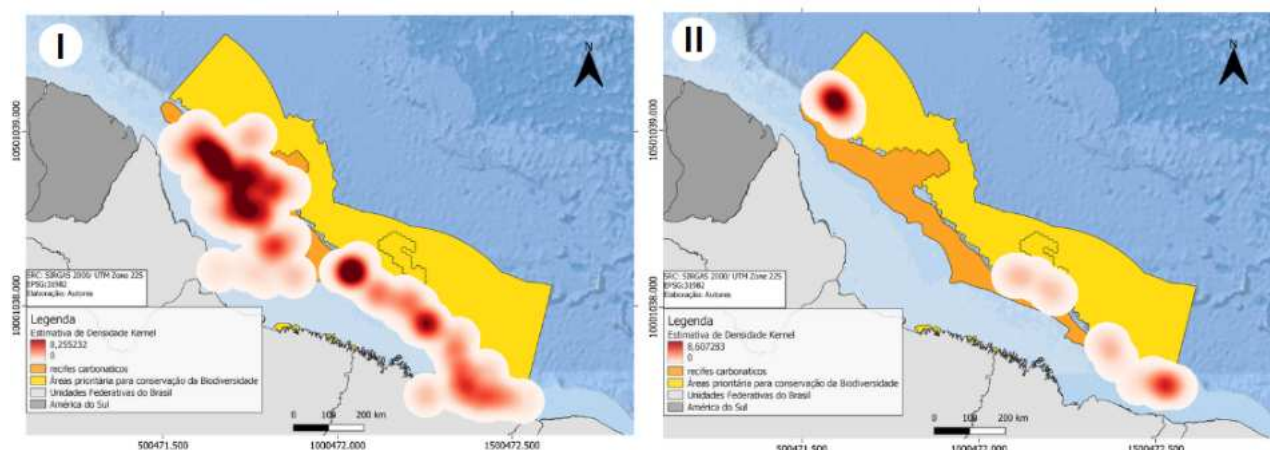
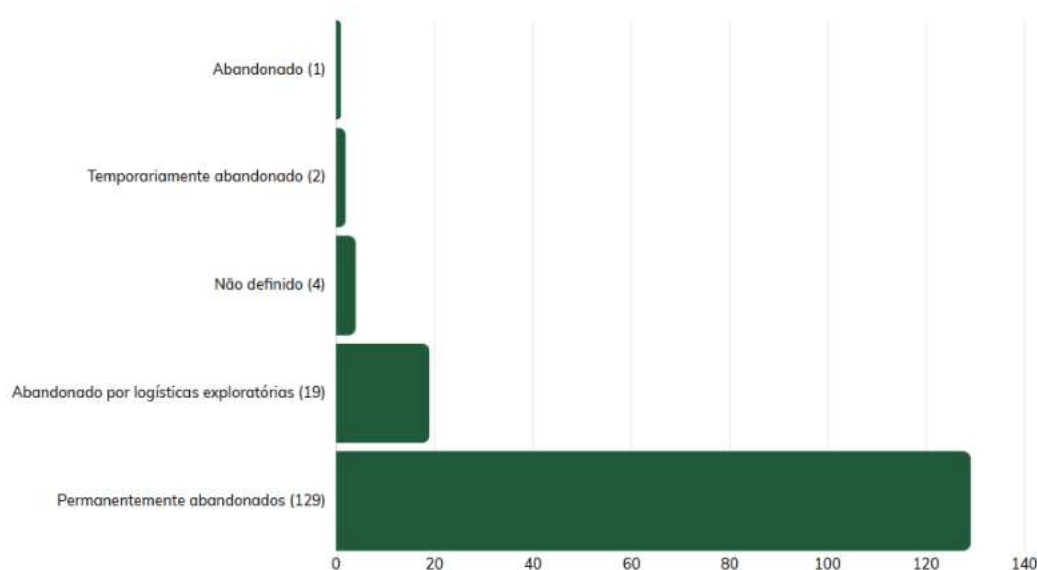


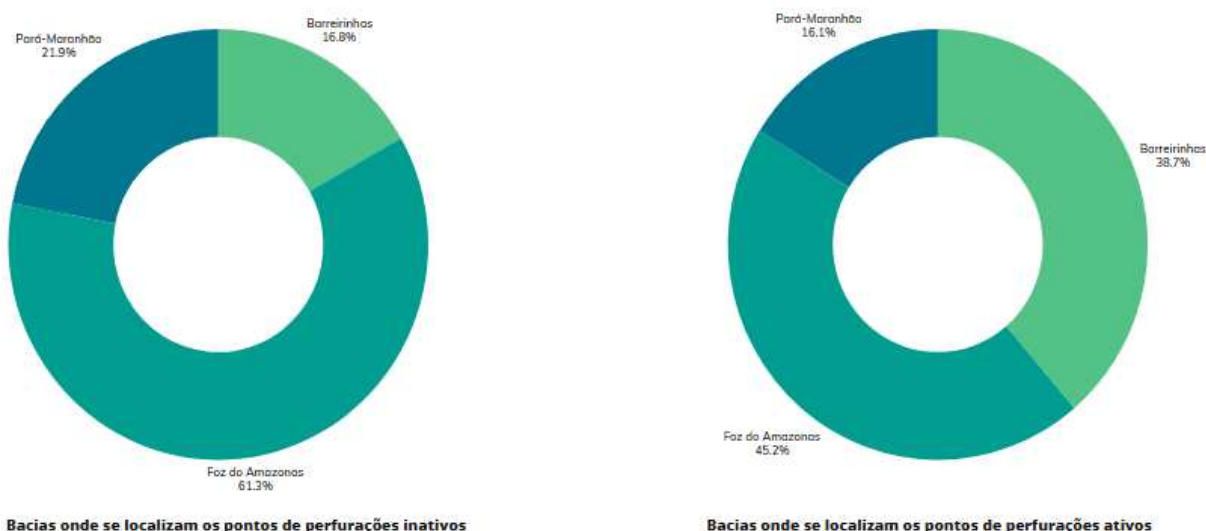
FIGURA 4 - I) Análise da distribuição dos pontos de perfuração inativos (1970-2012);
II) Pontos de perfuração ativos (2021).

Os pontos de perfuração inativos estão, em sua grande maioria (129), na condição de permanentemente abandonados (Gráfico 2), enquanto que 19 estão abandonados por logísticas exploratórias. Dos pontos inativos (1970-2012), cerca de 61,3% se encontram na bacia da foz do Amazonas (Gráfico 3), 21,9% na bacia do Pará-Maranhão e 16,8% na de Barreirinhas. Ao analisar distribuição dos pontos ativos, a bacia da Foz do Amazonas segue sendo a que possui maior quantidade (45,2%), porém, diferente da distribuição dos pontos inativos, a que possui o segundo maior número de pontos é a de Barreirinhas (38.7%) e Pará-Maranhão com 16,1%.

GRÁFICO 2 - Status dos pontos de perfurações inativos (1970-2012).



Elaboração própria.

GRÁFICO 3 - Análise da distribuição dos pontos de perfuração inativos (1970-2012) e ativos (2021).

Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos fornecem informações significativas, acerca do cenário dos blocos exploratórios e pontos de perfuração, ao longo das bacias, evidenciando trechos com maiores concentrações das atividades industriais, em áreas prioritárias e recifais. Nesse contexto, os dados de análises espaciais revelam que 72,9% da área total dos blocos de exploração ativos estão localizados em áreas prioritárias de conservação da biodiversidade, destacando os conflitos inerentes entre o crescimento industrial e a conservação ambiental. Portanto, o uso de geotecnologias para o monitoramento contínuo e implementação de estratégias de gestão do espaço marinho são fundamentais para auxiliar o manejo que busque minimizar os impactos da exploração dos recursos naturais da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, L.S.; MAGDALENA, U.R.; LORINI, M.L.; LOUZADA, T.S.; GONÇALVES, J.T.; BASTOS, A.C.; MOURA, R.L. Dataset for: **Growing industrialization and poor conservation planning challenge natural resources' management in the Amazon shelf off Brazil**. Mendeley Data, v. 1, 2021. <https://data.mendeley.com/datasets/v2s5wn252v/1>
- ARAUJO, L.S.; MAGDALENA, U.R.; LOUZADA, T.S.; SALOMON, P.S.; MORAES, F.C.; FERREIRA, B.P.; MOURA, R.L. Growing industrialization and poor conservation planning challenge natural resources' management in the Amazon Shelf off Brazil. **Marine Policy**, v. 128, p. 104465, 2021.
- CANELLAS, D.B. **Modelagem 2D de Sistemas Petrolíferos em uma Seção Geológica em Águas Profundas e Ultraprofundas na Bacia da Foz do Amazonas**. 2020. 107f. Dissertação (Mestrado em geofísica) - Programa de Pós Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.
- CRUZ, C.B.M.; VICENS, R.S.; RICHTER, M.; SEABRA, V.S.; REIS R.B.; FABER, O.A.; ARNAUT, P.K.E.; ARAÚJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, SC, 2006.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Áreas e Ações Prioritárias). **Decreto nº 5092, de 21 de maio de 2004**. Brasília, DF: D.O.U., 21/05/2004.
- MOURA, R.L. *et al.* An extensive reef system at the Amazon River mouth. **Science Advances**, v. 2, n. 4, e1501252, 2016. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1501252>
- SILVA, C.A.F. **A modernização distópica do território brasileiro/ Carlos Alberto Franco da Silva**. Rio de Janeiro: Consequência, 2019.

CAPÍTULO 44

ANÁLISE ESPACIAL E O USO DE DADOS DO PRODES PARA A IDENTIFICAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO DESMATAMENTO NA APA TRIUNFO DO XINGU

Daniel Marques de Abreu¹

Gabriel dos Santos Lopes¹

Pedro Rangel Nunes da Rocha¹

Patrick Calvano Kuchler¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Instituto de Geografia. Rua São Francisco Xavier 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 20550-013. daniel.abreu1501@gmail.com; geogabrielopes@gmail.com; pedroorangel2000@gmail.com; geocalvano@gmail.com.

RESUMO

Nos últimos anos, tem-se observado um crescente índice de desmatamento ilegal na Amazônia Legal, sendo a Área de Proteção Ambiental (APA) Triunfo do Xingu uma das mais afetadas. Este trabalho tem como objetivo central analisar o desmatamento na APA Triunfo do Xingu, no Pará, utilizando dados da Plataforma MapBiomas e do Programa PRODES. Para isso, foram empregados os SIGs QGIS e ArcGIS, para processamento de dados em ambiente SIG, possibilitando análises espaciais detalhadas. O estudo abrange os anos de 2008 a 2022, permitindo avaliar a evolução temporal do desmatamento e identificar possíveis anomalias nesse período. Os resultados demonstraram uma forte pressão sobre a APA, com significativa conversão de floresta em pastagem, corroborando denúncias anteriores sobre a região. O trabalho destacou a importância das geotecnologias para evidenciar processos complexos, com alto impacto ambiental e nas comunidades tradicionais.

Palavras-chave: unidades de conservação; desmatamento; geotecnologias; MapBiomas; PRODES.

ABSTRACT

In recent years, there has been a growing rate of illegal deforestation in the Legal Amazon, with the Triunfo do Xingu Environmental Protection Area (APA) being one of the most affected. This work's central objective is to analyze deforestation in APA Triunfo do Xingu, in Pará, using data from the MapBiomas Platform and the PRODES Program. To achieve this, GIS were used, such as QGIS and ArcGIS, to process data, enabling detailed spatial analysis. The study covers the years 2008 to 2022, allowing us to evaluate the temporal evolution of deforestation and identify possible anomalies during this period. The results demonstrated strong pressure on the APA, with significant conversion of forest into pasture, corroborating previous complaints about the region. The work highlighted the importance of geotechnologies to highlight complex processes with high environmental impact and on traditional communities.

Keywords: conservation units; deforestation; geotechnologies; MapBiomas; PRODES.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos 11.000 anos de convivência entre a humanidade e a Floresta Amazônica, a sustentabilidade das sociedades que dela dependem sempre foi um ponto crucial (Lui *et al.*, 2009). Com a introdução de modelos econômicos modernos, houve o desencadeamento de um aumento alarmante do desmatamento. A construção de estradas, expansão da agropecuária e exploração extrativista foram fatores-chave nesse processo de avanço na ocupação da região (Ferreira, 2005).

Contudo, como forma de contrapor esses fatores de degradação ao meio ambiente, políticas de redução do desmatamento foram implementadas na tentativa de controlar os danos ambientais. Entre essas políticas, destacam-se a criação de unidades de conservação (UCs), reguladas pelo Sistema

Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), estabelecido pela Lei Federal n. 9.985/2000. Essas unidades têm como objetivo proteger áreas de grande importância ambiental, contribuindo para a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas. Elas desempenham um papel crucial, na tentativa de conter o avanço do desmatamento, ao mesmo tempo, em que promovem o uso sustentável dos recursos naturais. No entanto, apesar dos esforços para criar e proteger os remanescentes, sob jurisdição das Unidades de Conservação, os desafios persistem e invasões a essas áreas ainda ocorrem com frequência, resultando em altos índices de desmatamento, em áreas interiores às próprias unidades.

A região do Mosaico da Terra do Meio, no estado do Pará destaca-se pela presença de um vasto corredor de biodiversidade, originário da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu (ISA, 2012). Esta área é reconhecida como uma nova fronteira amazônica para a expansão de atividades de alto impacto ao ambiente, representando um risco para esses ecossistemas naturais (Costa, 2017). Atualmente, o território da Terra do Meio abriga uma variedade de áreas protegidas, incluindo unidades de conservação, federais e estaduais, além de terras indígenas, totalizando aproximadamente 7,9 milhões de hectares. O principal objetivo dessas áreas é salvaguardar toda a sociobiodiversidade, que compõe o corredor ecológico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, protegendo-o da pressão antrópica, especialmente, da exploração madeireira ilegal e da expansão da pecuária (ISA, 2012).

A APA Triunfo do Xingu é uma das unidades de conservação do grupo de uso sustentável, que faz parte do Mosaico da Terra do Meio. A intensificação da ocupação da região amazônica, que ocorreu a partir da década de 1990, mobilizou na elaboração de políticas para controlar o processo, resultando na criação de algumas UCs, incluindo a APA Triunfo do Xingu, que foi instituída pelo Decreto n. 2.612, de 04 de dezembro de 2006. A APA está localizada entre os municípios de São Félix do Xingu e Altamira, no estado do Pará. Possui 1.679.281 hectares, dos quais, aproximadamente, 66% estão situados no município de São Félix do Xingu e 34%, no município de Altamira. Antes da criação da APA, já existiam ameaças. A rodovia estadual PA-167 trouxe para a região muitas dessas preocupações, evidenciando a pressão que se pretendia para esse território. Na Figura 1, é possível observar a localização da APA e sua relação com a estrada PA-167 e o Rio Xingu.

A criação da UC foi concebida na ideia de reduzir as pressões que eram exercidas para a prática do desmatamento e a instalação de diversas atividades degradantes ao meio ambiente. Contudo, estas atividades ainda estão presentes dentro da APA: o desmatamento, a grilagem, a mineração e a pecuária. Isso ocorre devido à APA se situar próximo a grandes municípios, que exercem forte pressão antrópica, dentro da UC, e a ocupação nessa região tem avançado de forma expressiva sobre a APA Triunfo do Xingu. Além disso, a falta de um plano de manejo da APA enfraquece ainda mais seu poder de reação e proteção contra essas atividades, exercidas dentro dos seus limites.

Vale ressaltar que a APA Triunfo do Xingu se encontra, em sua maior porção, inserida dentro do município líder em rebanho bovino no Brasil, São Félix do Xingu. Sendo a prática do desmatamento uma forma de apropriação individual privada muito utilizada nesse contexto de Amazônia Oriental, onde ocorre em primeiro momento o desmatamento, seguido da implementação de pastagem, propiciando no desenvolvimento do mercado ilegal de terras (Cardoso, 2023). Logo, possibilitando compreender a existência de um forte conflito acerca do uso e cobertura do solo da região.

Observando os dados de incremento de desmatamento, disponibilizados pelo PRODES (Gráfico 1), é evidente a disparidade nas áreas desmatadas e sua comparação com outras UCs na Amazônia. Ao comparar as áreas desmatadas dentro da APA Triunfo do Xingu com outras UCs na Amazônia, é possível identificar diferenças significativas, em termos de extensão e intensidade do desmatamento. Essa comparação destaca os diversos processos e pressões, que afetam a APA Triunfo do Xingu, os quais, ao contrário de outras UCs próximas, lamentavelmente, resultam em desafios mais complexos à conservação desse território.

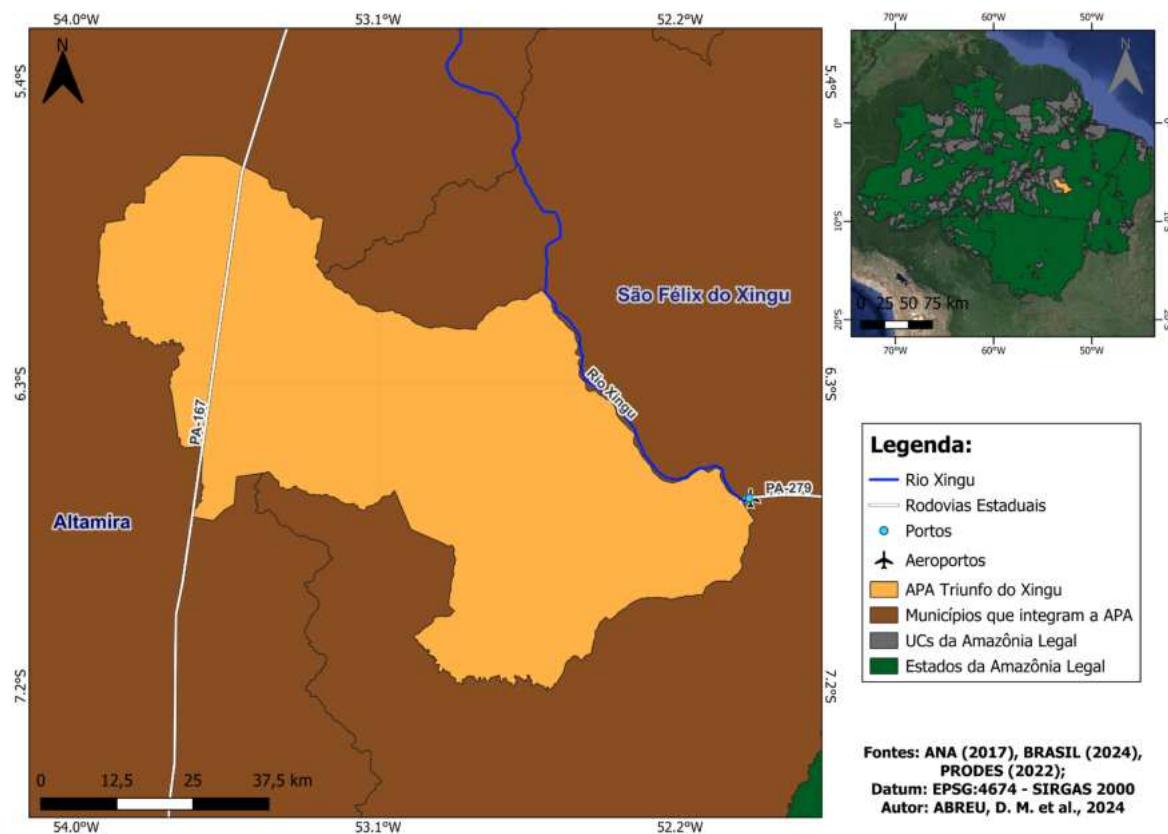
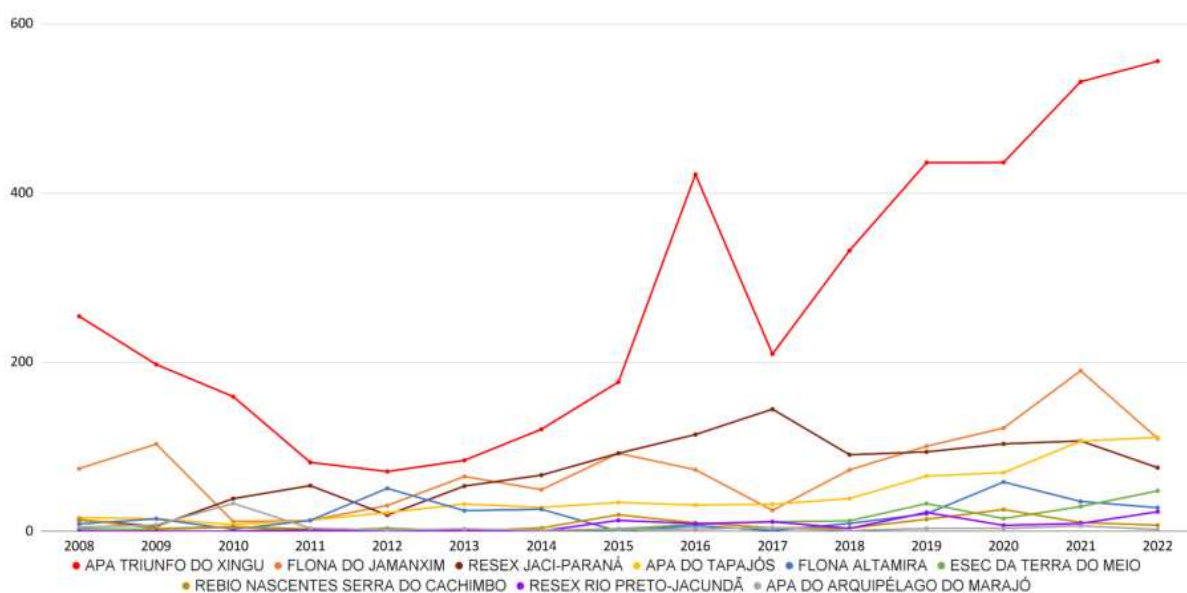


FIGURA 1 - Mapa de localização da APA Triunfo do Xingu. Elaboração própria.

GRÁFICO 1 - Incremento de desmatamento por Km², entre 2008 e 2022.

Nesse contexto, a pesquisa tem como objetivo central realizar uma análise espaço-temporal do avanço do desmatamento ilegal e as mudanças no uso e cobertura da terra na APA Triunfo do Xingu. Como objetivos específicos, podem-se elencar: i) avaliar a evolução temporal do desmatamento na APA Triunfo do Xingu, utilizando dados do projeto PRODES, para identificar padrões e tendências ao longo do tempo; ii) Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra na referida APA, nos anos de 2008, 2012, 2016 e 2022; utilizando os dados do MapBiomas, de forma a qualificar as áreas desmatadas e suas trajetórias de uso e cobertura.

Para atingir esse objetivo, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e análise espacial, aplicadas a dados abertos de sensoriamento remoto, provenientes tanto de organismos governamentais quanto não governamentais, reconhecidos internacionalmente. A importância dessa análise reside na compreensão dos impactos ambientais, resultantes dessas transformações e na provisão de subsídios para a formulação de políticas de conservação e manejo sustentável dos recursos naturais na região. Além disso, visa demonstrar como a disponibilidade de dados abertos de análises espaciais pode contribuir para a elaboração de estratégias eficazes de conservação e manejo sustentável da região.

METODOLOGIA

Para responder às questões propostas a partir dos objetivos deste trabalho, foi primeiramente realizado um levantamento bibliográfico sobre os processos e dinâmicas da APA e, em seguida, a coleta de dados abertos provenientes da plataforma PRODES, que monitora, por meio de satélites (LANDSAT), o desmatamento por corte raso na Amazônia Legal, desde o ano de 1988, produzindo taxas na região, que são utilizadas pelo governo para estabelecer políticas públicas, a fim de frear e impedir o desmatamento (PRODES, 2022). Além disso, também foram utilizados dados provenientes da plataforma MapBiomas Amazônia Coleção 8.0, que produzem mapeamento anual da cobertura e uso do solo, desde 1985, contendo dezenas de classes organizadas em níveis hierárquicos produzidos a partir da série LANDSAT.

Com o intuito de alcançar, de forma mais eficaz, os objetivos estabelecidos, foi crucial selecionar uma série temporal, que abarcasse adequadamente, tanto o fenômeno em análise quanto a disponibilidade de dados. Nesse sentido, optou-se por utilizar os anos de 2008, 2012, 2016 e 2022, para a realização deste estudo. A escolha desses anos foi estratégica: o ano de 2008 representa o ponto inicial da série temporal e coincide com o lançamento do PRODES digital, enquanto que o ano de 2022 é o mais recente disponível, fornecendo uma perspectiva atualizada. O ano de 2016 foi selecionado, devido às discrepâncias nos dados registrados, possibilitando uma análise mais abrangente das mudanças ocorridas ao longo do tempo. Por sua vez, o ano de 2012 foi incluído, a fim de manter um intervalo uniforme, entre todos os anos selecionados. Essa abordagem temporal proporciona uma visão abrangente e significativa das tendências e padrões relacionados ao fenômeno em estudo, permitindo uma análise comparativa e uma compreensão mais aprofundada de sua evolução ao longo dos anos.

A manipulação dos dados em ambiente SIG foi realizada com ArcGIS e QGIS, de acordo com a facilidade de utilização, para cada objetivo. O aplicativo *GoogleEarth Pro* também foi um importante meio de visualização da área de estudo e identificação das atividades, que ocorrem no local. O uso da ferramenta *GoogleEarth Engine* se mostrou altamente eficiente, simplificando o manuseio das linhas de código e agilizando a produção dos conteúdos utilizados pela plataforma MapBiomas. A integração do *Google Earth Engine* com o MapBiomas demonstra como o desenvolvimento das tecnologias, atrelado ao SIG, podem ser aliado poderoso nos estudos sobre conservação e uso sustentável de ecossistemas.

RESULTADOS

A partir da metodologia elaborada e dos dados coletados, foi possível produzir resultados consistentes, acerca do tema estudado. A pressão realizada, principalmente, pela atividade pecuarista, resultou em danos severos ao meio ambiente. Na Figura 2, é possível observar as áreas desmatadas, entre os anos de 2008 e 2022, através dos dados disponibilizados pelo INPE e pelo projeto PRODES.

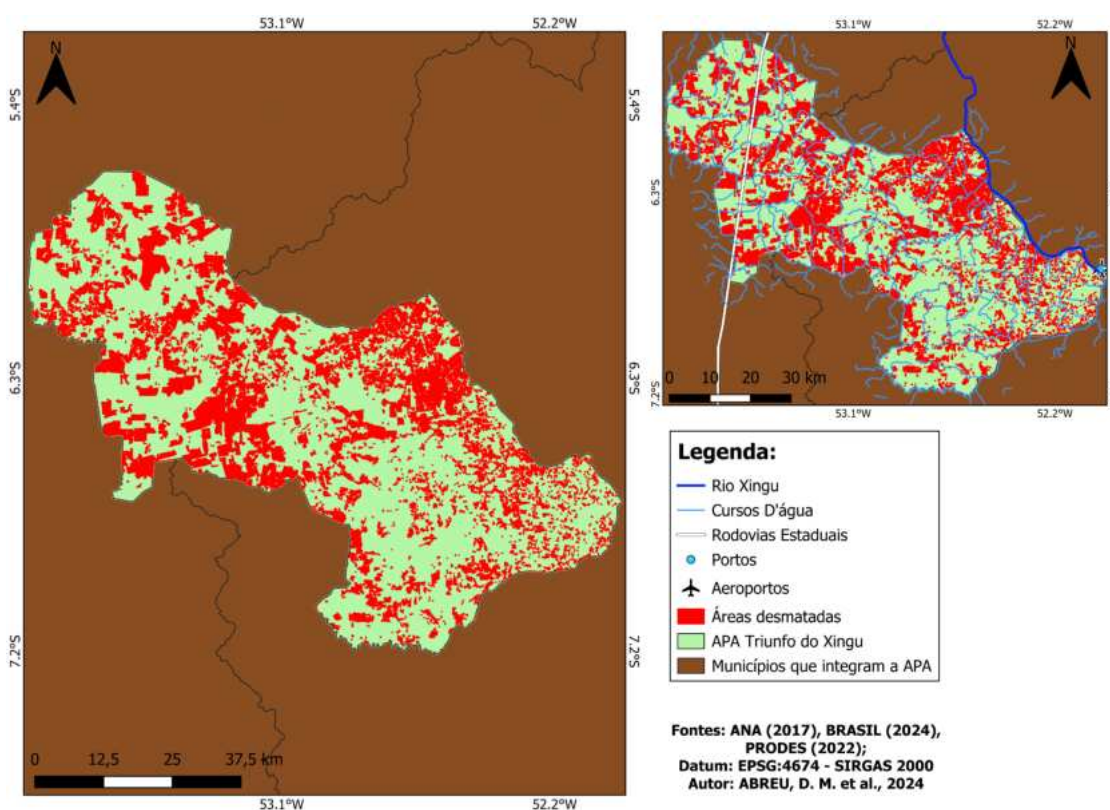


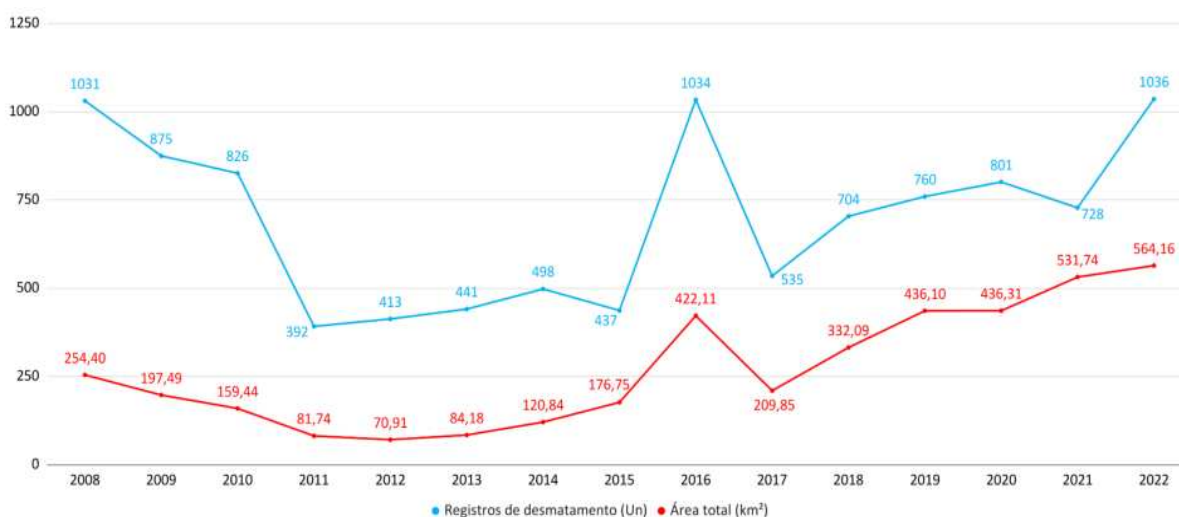
FIGURA 2 - Mapa de áreas desmatadas na APA e a presença de infraestruturas viárias, entre 2008 e 2022. Elaboração própria.

Dessa forma, percebe-se que as áreas desmatadas já representam um tamanho considerável, em relação ao total. A grande quantidade de área desmatada deve-se, principalmente, às pressões exercidas pela atividade pecuarista, além de expandir o gado para novas áreas sucessivamente. Adicionalmente, a presença de infraestrutura viária, próxima às atividades, facilita a sua continuidade. A rodovia estadual PA-167 atravessa a APA, em sua porção ocidental, no sentido norte-sul, proporcionando suporte essencial às operações. Vale ressaltar também a influência da cidade de São Félix do Xingu, localizada logo após a fronteira no extremo leste, que dispõe de aeroporto e porto, viabilizando um eficiente transporte para as práticas realizadas na região. Nas áreas mais próximas das margens do Rio Xingu, é perceptível maior concentração de áreas desmatadas.

A análise temporal realizada indica a padronização de registros de desmatamento, ao longo do tempo, como redução e aumento de ocorrências, de acordo com os processos que ocorriam no país e influenciavam nas práticas da atividade. Com base no Gráfico 2, elaborado a partir dos dados do PRODES, é possível observar o comportamento da atividade do desmatamento, ao longo dos anos, tanto na quantidade de ocorrências de desmatamento, quanto na área total desmatada por ano. No gráfico, as tendências observadas para os registros de desmatamento (em azul) e a área total

desmatada (em vermelho) ocorreram de forma semelhante, exibindo padrões, em intervalos de tempo específicos. É possível observar que, entre 2008 e 2011, houve uma redução significativa no número de registros de desmatamento, seguindo uma tendência, influenciada pelas políticas nacionais, como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), que estimulava ações de combate ao desmatamento. No entanto, após 2011, com mudanças na política que afetaram a implementação eficaz dessas medidas de conservação, a taxa de desmatamento voltou a aumentar. Um ponto relevante a ser destacado são os números atípicos para o ano de 2016, que apresentaram valores substancialmente elevados e fugiram do padrão observado. Apesar da importância desses dados, uma análise mais aprofundada exigiria uma investigação bibliográfica mais intensiva, para identificar as razões por trás desse fenômeno, o que não foi o foco principal desta pesquisa. O que é possível destacar, é que as mudanças de governo e de políticas ambientais, a partir de 2016, contribuíram para a retomada da tendência de aumento do desmatamento, influenciadas pela flexibilização das políticas e fiscalizações ambientais, especialmente, as implementadas no governo anterior.

GRÁFICO 2 - Área total (km²) e registros de desmatamento na APA Triunfo do Xingu.



Fonte: Terra Brasilis/PRODES (2008-2022).

A análise dos dados do MapBiomias (Figura 3) revelou uma tendência preocupante de avanço das áreas de pastagem dentro da APA, ao longo dos anos 2008, 2012, 2016 e 2022. Esse crescimento significativo de conversão de florestas para pastagem é alarmante e requer atenção, devido aos danos ambientais associados aos incêndios, frequentemente, utilizados nessa atividade. Conforme ilustrado na Fig. 4, é evidente o aumento expressivo da pastagem entre 2008 e 2022. Embora outros usos também sejam observados, a predominância é das classes de formação florestal e pastagem.

O aumento significativo da pastagem é um claro sinal de alerta para a APA. Como evidenciado, essa transição do uso florestal para pastagem está intrinsecamente ligada ao processo de desmatamento em curso na região, sobretudo, ligado ao corte raso. O avanço contínuo das áreas de pastagem, ao longo do intervalo de 14 anos, representa um perigo iminente para a conservação do meio ambiente na APA. Se não forem implementadas medidas adequadas pelo poder público, a fim de conter a destruição ambiental, devido às atividades agropecuárias, e outros problemas ambientais enfrentados, é provável que, em alguns anos, as formações florestais deixem de ser a classe dominante de uso do solo dentro da APA e se fragmentem, de forma a criar ilhas de remanescentes, não conectadas, dificultando a dispersão e manutenção de diversas espécies.

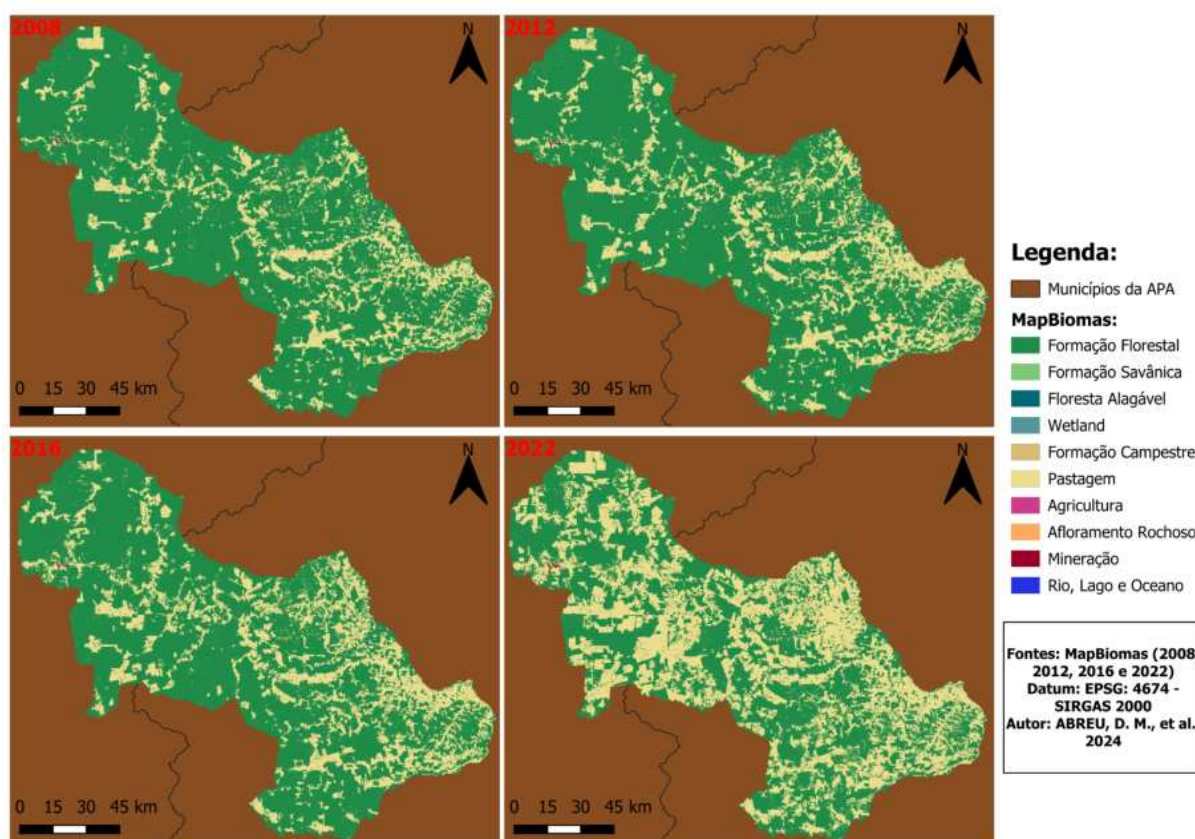


FIGURA 3 - Mapa de uso e cobertura do solo, nos anos de 2008, 2012, 2016 e 2022. Elaboração própria.

O perigo decorrente desse uso indevido da terra resulta em danos graves, cuja recuperação é complexa, prejudicando severamente a fauna, flora e as populações locais, dependentes da terra e da água para subsistência. As devastadoras consequências dessas práticas, ao longo do tempo, incluem fragmentação florestal, perda de biodiversidade, erosão do solo, alterações no curso hidrológico e contribuição para as mudanças climáticas.

CONCLUSÕES

Por meio desse trabalho, temos uma boa dimensão da importância da análise espacial através do sensoriamento remoto, que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. Além disso, o geoprocessamento e a análise espacial, que envolvem a utilização de *softwares* específicos para integrar informações temáticas com dados cartográficos, são essenciais nesse contexto. As técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e análise espacial são aplicadas na identificação de áreas desmatadas e na produção de mapas detalhados dessas áreas, auxiliando na denúncia de atividades ilegais e fornecendo subsídios para a criação de políticas de fiscalização pelo governo.

Dessa forma, foi possível identificar um contínuo e crescente processo de desmatamento ilegal na APA Triunfo do Xingu, reforçando exposições que indicam que esta é uma das APAs mais afetadas pelo desmatamento. A análise espacial realizada com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e utilizando dados provenientes de diversas fontes, como o PRODES e o MapBiomas, demonstra ser de extrema importância para a condução de estudos ambientais. A disponibilização de dados abertos desempenha um papel crucial no desenvolvimento dessas pesquisas, permitindo uma análise mais abrangente e precisa dos fenômenos ambientais. Além disso, é evidente que esses recursos estão se

tornando cada vez mais indispensáveis, para a formulação de políticas de conservação ambiental, no planejamento territorial e no desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável dos recursos naturais. Elas possibilitam uma compreensão dos padrões e tendências ambientais, contribuindo assim para a proteção e preservação dos ecossistemas, essenciais para a manutenção do meio ambiente saudável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDOSO, N. **O paraíso do gado: a dinâmica geoeconômica do Município de São Félix do Xingu na atualidade**. Centro de Tecnologias da Terra. Instituto de Geografia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2023.
- COSTA, A.L.S. da ; REIS, L.R. A contribuição da APA Triunfo do Xingu para o ordenamento fundiário na região da Terra do Meio, estado do Pará. **Amazonian Journal of Agriculture and Environmental Sciences/ Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, p. 96-102, 2017.
- FERREIRA, L.V. ; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S.S. de. O Desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, São Paulo, USP, v. 19, n. 53, p. 1-10, 2005.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **PRODES - Amazônia/Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**.
<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **TerraBrasilis**, PRODES. 2022.
http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates.
- ISA (Instituto Socioambiental). **Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu**. <https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/4644#gestao>.
- ISA (Instituto Socioambiental). **Integridade territorial e vetores de degradação na Terra do Meio**: Rede Terra do Meio. Altamira: ISA, 2012. 50p. (Relatório técnico).
- LUI, G.H. Ocupação humana e transformação da paisagem na Amazônia Brasileira. **Amazônica - Revista de Antropologia**, [S.l.], v. 1, n. 1, abr. 2016. <https://periodicos.ufpa.br/index.php/amazonica/article/view/163>
- PROJETO MAPBIOMAS. **Amazônia - Coleção 5.0** de mapas anuais de cobertura e uso da terra.
<https://amazonia.mapbiomas.org/pt/>

CAPÍTULO 45

ANÁLISE ESPACIAL E TERRITORIAL DAS ASSIMETRIAS DE SANEAMENTO BÁSICO EM SEROPÉDICA A PARTIR DO USO DE GEOTECNOLOGIAS

Julio Majerowicz Maneschy¹

Gustavo Mota de Sousa¹

André Santos da Rocha¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. jmaneschy@hotmail.com; gustavoms@ufrj.br; asrgeo@gmail.com.

RESUMO

O acesso à água e ao esgotamento sanitário são direitos humanos fundamentais, entretanto, está longe da disponibilidade necessária para todos de forma equânime. Esses elementos compõem parte considerável do Saneamento Básico. Pensando nisso, o presente trabalho busca identificar a espacialidade das desigualdades no acesso ao saneamento básico no município de Seropédica. Este município é localizado às margens da metrópole do Rio de Janeiro, mais especificamente na Baixada Fluminense, região que sofre cotidianamente com problemas em sua estrutura de serviços urbanos. Para que seja possível a análise espacial das disparidades no acesso ao saneamento foram utilizados dados disponíveis sobre acesso às redes de água encanada e esgotamento sanitário, que serviram de base para a construção de um índice de acesso ao saneamento. Metodologicamente, optou-se por uma análise espacial tomada a partir dos setores censitários, que permite um olhar mais específico da realidade do município e que permite correlacionar com o uso do território e elementos que marcar a organização espacial de Seropédica.

Palavras-chave: território-usado; índice de saneamento; Lei n. 4.026/2020; oeste metropolitano do RJ.

ABSTRACT

Access to water and sanitation are fundamental human rights; however, they are far from being equitably available to everyone. These elements constitute a considerable part of Basic Sanitation. With this in mind, the present work seeks to identify the spatiality of inequalities in access to basic sanitation in the municipality of Seropédica. This municipality is located on the outskirts of the metropolis of Rio de Janeiro, more specifically in the Baixada Fluminense, a region that daily suffers from problems in its urban service infrastructure. To enable the spatial analysis of disparities in access to sanitation, available data on access to piped water and sanitation networks were used, which served as the basis for constructing a sanitation access index. Methodologically, a spatial analysis was chosen based on census sectors, which allows for a more specific view of the municipality's reality and correlates with the use of territory and elements that mark the spatial organization of Seropédica.

Keywords: used territory; sanitation index; Law n. 14,026/2020; West metropolitan RJ.

INTRODUÇÃO

O acesso a redes de distribuição de água potável e de esgotamento sanitário são direitos humanos fundamentais, reconhecidos pela ONU. A falta de esgotamento adequado pode acarretar a contaminação de solos, da água e, conseqüentemente, gerar uma série de doenças em pessoas que têm contato com esses solos e águas contaminados, pois o esgoto, sem o devido tratamento, pode servir para a reprodução de protozoários e bactérias danosos à saúde.

O acesso à água potável também deve ser tratado de forma prioritária, entretanto, por se tratar de um bem indispensável para a existência do ser humano, a taxa de universalização do serviço de abastecimento é muito melhor, em relação ao tratamento de esgotos, mas, ainda assim, as periferias fluminenses sofrem rotineiramente com a intermitência do serviço, o que mostra o caráter hierárquico de priorização dos espaços.

Destaca-se então que o esgotamento sanitário e o abastecimento de água são uma via de mão dupla, uma vez que a falta de um esgotamento sanitário adequado pode acarretar a poluição das águas. Um exemplo prático disso é a situação da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, corpo hídrico que tem quase a totalidade de suas águas contaminadas. Tal fato, se dá pelo despejo de esgoto doméstico e industrial, sem o devido tratamento, que são derramados nos rios que deságuam na baía.

Apesar de se tratar de uma via de mão dupla na qual quando não houver boa condução toda a sociedade pode vir a ser afetada, o saneamento básico, sobretudo, as questões de distribuição de água potável e tratamento de esgoto, apresentam padrões de distribuição desiguais no curso espacial. Então, para compreender as disparidades na espacialização das redes técnicas, é importante ter a noção sobre o conceito de Território Usado (Santos; Silveira, 2001):

Levando sobretudo em consideração que o espaço geográfico se define como união indissolúvel de sistemas de objetos e sistemas de ações, e suas formas híbridas, as técnicas (Santos, 1996), que nos indicam como o território é usado: como, onde, por quem, por que, para quê. Adotando tal ênfase, podemos privilegiar uma forma secular do território, [...] delimitar períodos e redescobrir os respectivos contextos.

A universalização do acesso à água e ao esgotamento sanitário tem se tornado um grande desafio na contemporaneidade. Em especial, nas periferias urbanas, onde as estruturas existentes são extremamente precarizadas. Uma questão que está posta é que tais estudos necessitam partir de uma compressão das desigualdades existentes (Loftus, 2021; Rocha, 2022), sobretudo, porque grande parte dos dados expostos tratam de informações gerais de um determinado município. Ou seja, os dados apresentados, sobretudo, pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico), podem não destacar como se materializa internamente a dinâmica de acesso ao saneamento e dos usos existentes nos territórios.

Por sua vez, a Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020), que institui o Marco Legal do Saneamento Básico, define que o saneamento é composto pelas infraestruturas e instalações operacionais responsáveis pelo abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana, o manejo dos resíduos sólidos, a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas.

Todavia, estruturas de apelo direto estão vinculadas ao acesso à rede encanada de água potável e ao esgotamento sanitário. Compreende-se assim a necessidade de fomentar possibilidades analíticas para compreender como realmente ocorre o acesso no âmbito dos municípios. Por isso, o presente trabalho se organiza com o objetivo de apresentar uma saída metodológica para compreender as disparidades no acesso à água e ao esgotamento sanitário. Toma-se como ponto de partida, a construção de um índice, que permitiria interpretar a espacialidade destas desigualdades nos territórios periféricos, escolhendo, como exemplo, o município de Seropédica.

O município de Seropédica faz parte da periferia metropolitana do Rio de Janeiro e está inserido na região econômica, conhecida como Extremo Oeste Metropolitano (OMRJ), constituída por Paracambi, Queimados, Itaguaí e Japeri (Oliveira, 2015). Peculiarmente, esse município está inserido integralmente na Bacia RH-II-Guandu, todavia, apresenta dados que revelam contradições, pois embora esteja em uma BH responsável por abastecer nove milhões de habitantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), parte de sua população permanece sem acesso a condições adequadas de saneamento. As influências são perceptíveis nesse eixo logístico, composto pelas rodovias RJ-099, ou Rodovia Prefeito Abeilard Goulart de Souza (conhecida popularmente como Reta de Piranema); e BR-465, ou Rodovia Luiz Henrique Rezende Novaes (conhecida como Antiga Estrada Rio-São Paulo); e o Arco Rodoviário Metropolitano, cuja construção é relativamente recente.

O território de Seropédica se divide em áreas e percebe-se que as zonas urbanas de Seropédica acompanham as adjacências dessas rodovias principais, enquanto as zonas mais distantes dessas vias têm predominância rural. A partir deste ponto, é possível compreender a importância das rodovias

para a estruturação da cidade. Assim como as áreas urbanas, as infraestruturas básicas de saneamento também tendem a seguir um padrão de distribuição, a partir dos eixos logísticos da cidade e assim, o presente trabalho busca compreender a dinâmica espacial das redes técnicas de distribuição de água e saneamento básico, a partir do viés do Território Usado, com auxílio de ferramentas do geoprocessamento.

METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa pode ser observado, a partir do fluxograma metodológico, disposto na Figura 1, que apresenta inicialmente a necessidade de levantamento de dados exploratórios, presentes no Censo Demográfico do Brasil de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado a partir do sistema de informação geográfica (SIG) Vicon SAGA. Esses dados foram extraídos, em conjunto com as malhas censitárias do Censo de 2010, em formato vetorial *shapefile* (SHP). Deste modo, se tornou mais fácil o trabalho de manipulação e tratamento dos dados da tabela de atributos e o *link* desses dados com o SHP, uma vez que o recurso disponível no Vicon SAGA automatiza este processo.

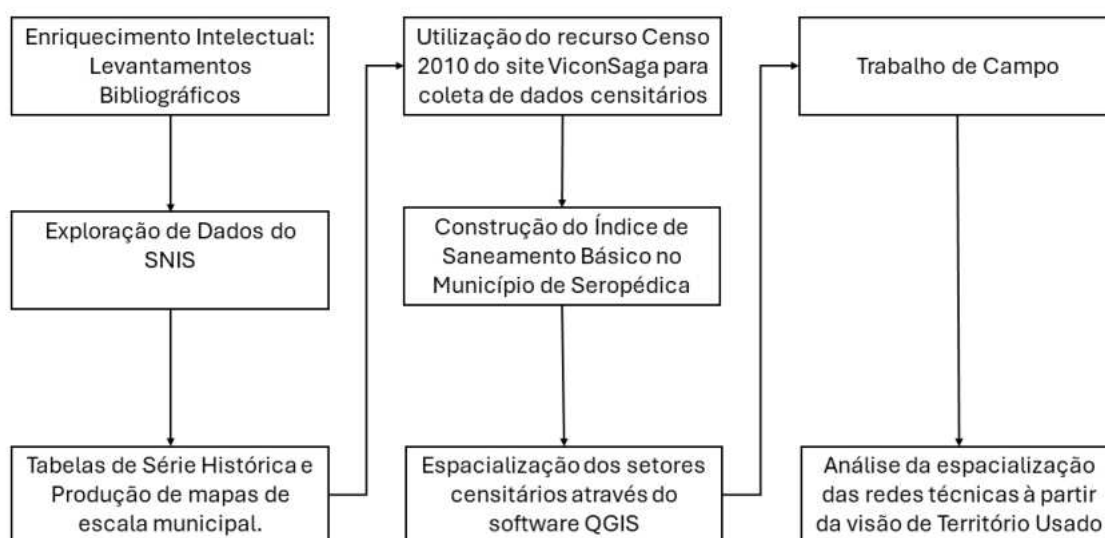


FIGURA 1 - Fluxograma Metodológico. Elaboração própria.

Por meio do SIG Vicon SAGA, foram selecionados os dados:

- [Domicílio 1] – V002 – Domicílios particulares permanentes,
- [Domicílio 1] – V017 – Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento via rede geral de esgoto ou pluvial e,
- [Domicílio 1] – V012 – Domicílios particulares permanentes, com abastecimento de água da rede geral.

Para obter o índice, foi aplicada a fórmula $V017/V002 + V012/V002$ e, em seguida, foram divididas todas as linhas da expressão pelo maior número obtido, de forma que os melhores índices correspondem a 1 e os piores, a 0 (zero).

Sobre esta etapa da metodologia, cabe destacar o estudo de Marino *et al.* (2013), que traz contribuições para a aplicação da equação, quanto à espacialização dos resultados.

Compreendemos que esta seleção de dados permite a construção de um indicador social. Os indicadores podem ser classificados como Indicadores normativos, de satisfação e descritivos (Parahos *et al.*, 2013). Compreendemos que, para o campo do Saneamento, os indicadores descritivos seriam mais adequados, pois “ênfatiza o papel dos indicadores como estimativas das condições sociais que podem variar no tempo e no espaço.” (Parahos *et al.*, 2013, p. 155).

Neste sentido, levar em consideração os dados do IBGE (e outros dados) permitiu olhar mais ampliado. Por isso, os dados do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS) também foram importantes para a análise anual da evolução das redes técnicas, rendendo, como frutos principais, a Figura 2, que mostra a população total atendida com abastecimento de água e a população total atendida com esgotamento sanitário no município de Seropédica.

RESULTADOS

Os resultados decorrentes da metodologia são dois gráficos de série histórica, que ilustram a evolução no total de população atendida pelas redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário (Figura 2).

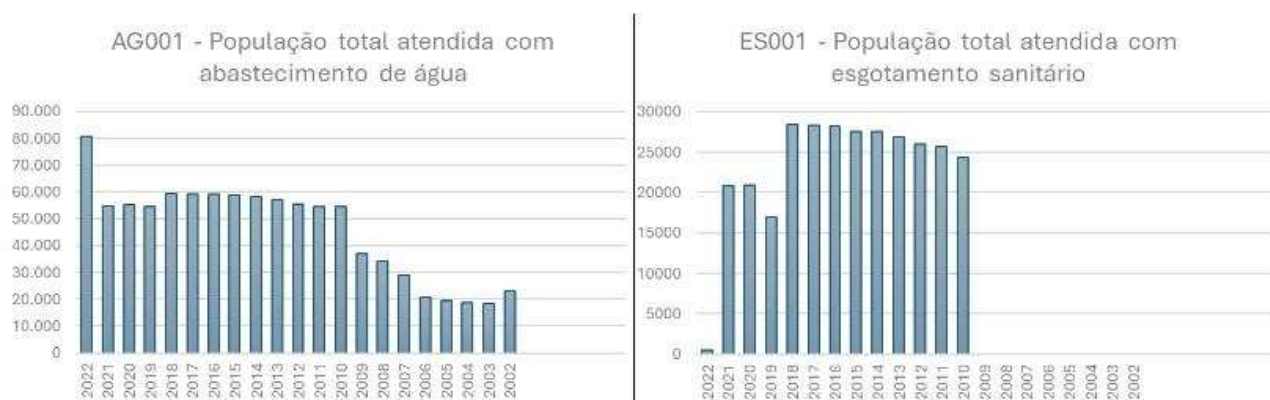


FIGURA 2 - Gráfico de população total atendida com abastecimento de água e Gráfico de População Total Atendida com Esgotamento Sanitário. Fonte: SNIS (2022).

A Figura 3 representa o Índice de Saneamento Básico no Município de Seropédica espacializado, que permite a visualização das disparidades de acesso ao Saneamento Básico no município, após a conjugação das variáveis, pela aplicação da fórmula ($[V017/V002 + V012/V002] / 2$).

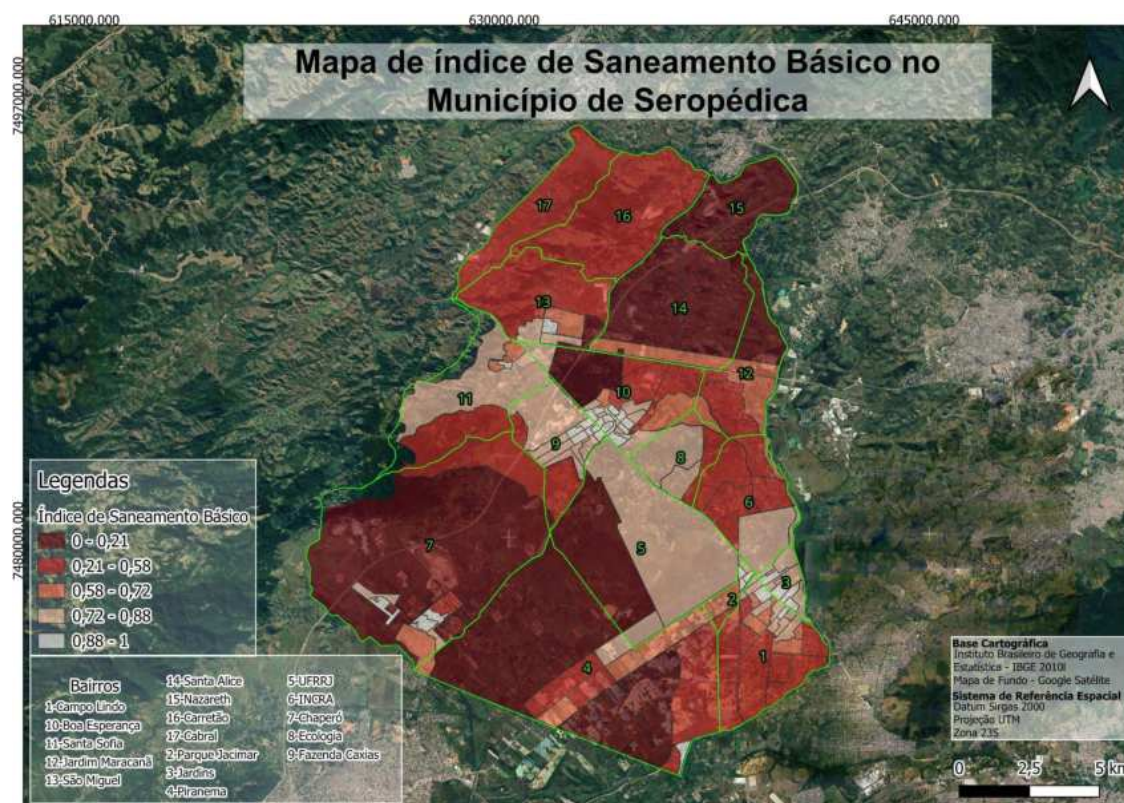


FIGURA 3 - Mapa de índice de saneamento básico no Município de Seropédica. Fonte: IBGE (2010).

CONCLUSÕES

Os gráficos da Figura 1 mostram que existe de fato uma evolução considerável, desde a realização do Censo Demográfico do Brasil de 2010, até o ano de 2022, no município de Seropédica, na questão referente ao abastecimento de água para a população da cidade. Entretanto, ao observar o gráfico que diz a respeito das redes técnicas de esgotamento sanitário, os números apresentados mostram inconsistências gritantes, sobretudo, ao se observar os dados referentes ao ano de 2022, e fica difícil chegar à alguma conclusão sobre a evolução nos sistemas técnicos referentes ao esgotamento.

À luz da perspectiva do Território Usado (Santos; Silveira, 2001), torna-se mais fácil, a análise da distribuição das redes técnicas, apresentadas na Figura 3. Em virtude da reestruturação territorial, a produtiva Seropédica e sua vizinhança tornam-se cidades, cada vez mais, atrativas para grandes empresas de setores diversos. Isso se dá pela sua localização próximo ao 'Porto de Itaguaí', cercada por importantes rodovias e ferrovias e próxima à metrópole fluminense". (Oliveira, 2015, p. 92). Tendo em vista esses fatos, observa-se que os melhores índices de esgotamento e abastecimento de água estão em localidades que margeiam as rodovias mais importantes da cidade, RJ-099 (que liga Seropédica à Itaguaí) e BR-465 (que liga a cidade do Rio de Janeiro até o Estado de São Paulo).

Às margens dessas rodovias, se desempenham as atividades econômicas mais importantes da cidade e onde se encontra o maior adensamento urbano. Destaca-se que as regiões citadas seguem em expansão imobiliária, o que "justifica" a prioridade de investimentos nessas áreas, entretanto, não justifica a falta de investimentos em outras áreas da cidade.

A partir da análise dos dados de materiais produzidos e do trabalho de campo, é visível uma clara diferenciação de infraestruturas de saneamento, nos meios urbanos e rurais. Enquanto o meio urbano apresenta índices melhores de universalização das redes técnicas, o meio rural tem uma realidade mais precária. Os bairros mais prejudicados nesse sentido são: Chaperó, Piranema, Santa Alice, Nazareth, Carretão e São Miguel.

Tal fato deixa evidente que há uma clara diferenciação, de acordo com os padrões de renda, e isso ocorre porque as operadoras de água e esgotamento sanitário seguem uma lógica capitalista de mercado; e, sendo assim, a universalização dos serviços é uma pauta secundária. A pauta principal segue sendo o lucro. A lógica financeira, por natureza, não se preocupa com as causas sociais, uma vez que o intuito primário do investimento privado é o lucro, logo, a tendência é que, apesar de haver metas estabelecidas em contratos entre entes públicos e privados, o usual é o descumprimento das metas, por parte do setor privado e a flexibilização das penalidades, em caso de descumprimento. Nessa via, destaca-se que a própria Lei n. 14.026/2023 (Brasil, 2020) deixa aberta a meta para a universalização do setor. Infere-se assim, a lógica da ecologia política (Swynguedow, 2004; Brito *et al.*, 2016; Acsegrad, 2009) presente no Saneamento Básico hodiernamente tende a permanecer intocada.

Ressalta-se por fim, que o atraso na realização do Censo Demográfico que deveria ser realizado no ano de 2020, acabou prejudicando as comparações na microescala; entretanto, no decorrer do desenvolvimento da pesquisa de mestrado, há a intenção de utilizar os novos dados, que estão sendo disponibilizados, e aprofundar a análise espacial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSELRAD, H. **O que é justiça ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- BRASIL. **Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020**. Brasília, DF: D.O.U, 16/07/2020.
- BRITTO, A.L.; FORMIGA-JOHNSON, R.M.; CARNEIRO, P.R.F. Abastecimento público e escassez hidrossocial na Metrópole do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 183-206, 2016.
- LOFTUS, A.J. (In) segurança hídrica: Garantindo O Direito à água. **GEOUSP Espaço E Tempo**, v. 25, n. 2, e-182666, 2021. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2021.182666>
- MARINO, T.B.; GOES, M.H. de B.; SILVA, N.M.F. da. Geoprocessamento no apoio à avaliação da qualidade de vida no Município de Seropédica (RJ). **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, PR, 13-18 de abril de 2013.
- OLIVEIRA, L.D. de. A emersão da região logístico-industrial do Extremo Oeste Metropolitano fluminense: reflexões sobre o processo contemporâneo de reestruturação territorial-produtiva. **Espaço e Economia: Revista Brasileira de Geografia Econômica**, v. IV, p. 1-23, 2015.
- OLIVEIRA, L.D. de. Seropédica Sustentável: Transformações ecológico-econômico-espaciais recentes em um lacônico julgamento. Recôncavo: **Revista de História da UNIABEU**, v. 6, p. 87- 101, 2016.
- PARAHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D.B.; ROCHA, E.C. da; SILVA JÚNIOR, J.A. da, MAIA, R.G. Construindo indicadores sociais: uma revisão da bibliografia especializada. **Perspectivas**, São Paulo, v. 44, p. 147-173, jul./dez. 2013.
- ROCHA, A. Desigualdades territoriais no acesso à água e esgoto nas periferias da Metrópole:: O caso da Baixada Fluminense na Bacia do Guandu - RJ. **Geografares**, [S.l.], v. 2, n. 34, p. 70-93, 2022. <https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/38741>
- SANTOS, M.; SILVEIRA, M.L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. Rio de Janeiro: Edições Record, 2021.
- SOUZA C.M.S; COSTA .A.M; MORAES, L.R.S; FREITAS. C.M. **Saneamento: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015.
- SWYNGEDOUW, E. Privatizando o h2o: transformando águas locais em dinheiro global. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 33-53, maio 2004.

CAPÍTULO 46

ANÁLISE GEOESPACIAL DAS UNIDADES E DOS ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, RJ

Fábio da Silva Lima¹

Fábia Antunes Zaloti¹

Manoel do Couto Fernandes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. fabiolimageo@gmail.com; fabia.zaloti@gmail.com; manoel.fernandes@igeo.ufrj.br.

RESUMO

Nas últimas décadas, o Brasil vem passando por um processo de popularização dos sistemas de informação geográfica (SIG). Em relação aos dados, o Censo Demográfico do Brasil de 2022 disponibilizou as coordenadas geográficas dos endereços, abrindo um novo campo de análise geoespacial. Com base nessa nova perspectiva e, por meio do geoprocessamento, o presente trabalho correlacionou as coordenadas dos estabelecimentos de saúde do Censo 2022 e as coordenadas das unidades de saúde da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro (SMS), com a delimitação dos 238 territórios das unidades de atenção primária e com a delimitação dos bairros do Município do Rio de Janeiro. Os resultados indicam que o município possui 346 unidades de saúde e 5.415 estabelecimentos de saúde, o bairro com a maior quantidade de unidades de saúde foi Santa Cruz, com 19, e o território com a maior quantidade foi o da SMS CF Arthur Bispo do Rosario, com 8. Já o bairro com a maior quantidade de estabelecimentos de saúde foi a Tijuca, com 602; e o território com a maior quantidade foi o da SMS CMS Heitor Beltrão com 584, que situa-se no bairro da Tijuca. As conclusões apontam que há um deslocamento quanto às coordenadas de localização das unidades de saúde nas bases. Já em relação aos dados do Censo de 2022, o mesmo engloba todos os empreendimentos de saúde de forma agrupada, o que impossibilita um maior detalhamento. E, por fim, podemos visualizar as áreas do município do Rio de Janeiro, com maior ou menor concentração de unidades de saúde.

Palavras-chave: análise espacial; geoprocessamento; unidades de saúde.

ABSTRACT

In recent decades, Brazil has been going through a process of popularizing Geographic Information Systems (GIS). Regarding data, the 2022 Census made the geographic coordinates of addresses available, opening a new field of geospatial analysis. Based on this new perspective, and through geoprocessing, this work correlated the coordinates of health establishments from the 2022 Census and the coordinates of health units from the Rio de Janeiro Municipal Health Secretariat (SMS) with the delimitation of the 238 territories of primary care units and with the delimitation of neighborhoods in the Municipality of Rio de Janeiro. The results indicate that the municipality has 346 health units and 5415 health establishments, the neighborhood with the largest number of health units was Santa Cruz with 19 and the territory with the largest number was SMS CF Arthur Bispo do Rosario with 8. The neighborhood with the largest number of health establishments was Tijuca with 602 and the territory with the largest number was SMS CMS Heitor Beltrão with 584, which covers the Tijuca neighborhood. The conclusions indicate that there is a shift in the location coordinates of health units on the bases. In relation to data from the 2022 Census, it encompasses all healthcare enterprises in a grouped manner, which makes greater detail impossible. And finally, we can visualize the areas of the city of Rio de Janeiro with a greater or lesser concentration of health units.

Keywords: spatial analysis; geoprocessing; health units.

INTRODUÇÃO

A relevância da informação geoespacial, em todos os segmentos da sociedade, se tornou uma realidade nas últimas décadas, por meio de um processo de profundas mudanças, em relação ao uso das geotecnologias, o aumento e a disponibilidade de dados, das mais diversas fontes, o advento de novas tecnologias, sistemas computacionais e programas, capazes de manipular quantidades cada vez maiores de informações; por um lado, facilitando a interação entre as diversas áreas do conhecimento, mas por outro, gerando preocupações quanto à inexistência de uma padronização, além de uma interoperabilidade limitada. (Brasil, 1983; Câmara; Monteiro, 2001; Menezes; Fernandes, 2013). Torna-se oportuno buscar um formato que facilite, de forma clara e objetiva, essa interoperabilidade, em um sistema de informação geográfica (SIG). Em outras palavras, uma padronização, na forma de aquisição das informações, a correta utilização do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000 (IBGE, 2005), a apresentação e definição da escala de obtenção, bem como a precisão das informações, que devem estar corretamente descritas nos metadados dos arquivos, representam as principais lacunas da atualidade (Câmara; Monteiro, 2001; CONCAR, 2010; Menezes; Fernandes, 2013). Assim, a qualidade dos dados inerentes a essas informações é relevante para que o usuário realize uma análise espacial confiável, por meio do geoprocessamento, permitindo a obtenção, a manipulação, a produção e a exibição de dados, cada vez mais precisos (Menezes; Fernandes, 2013). As Nações Unidas (2019) definem cinco princípios, necessários para a utilização de processos geoespaciais e estatísticos, que buscam garantir que os dados, além de serem confiáveis, sejam interoperáveis, acessíveis e utilizáveis. São eles:

1. Utilização de infraestruturas geoespaciais fundamentais e geocodificação;
2. Dados de registro de unidade geocodificados em ambiente de gerenciamento de dados;
3. Geografias comuns para a divulgação de estatísticas;
4. Interoperabilidade estatística e geoespacial; e
5. Estatísticas habilitadas geoespacialmente acessíveis e utilizáveis.

Dito isto, e para a implementação do primeiro princípio das Nações Unidas (2019), o *“ideal seria cada país ter um endereço georreferenciado, registro predial, parcela de terreno e/ou nome de local como parte da sua infraestrutura estatística-geoespacial”* e, quando não for possível, de forma paliativa *“testar a implementação de referências alternativas baseadas em pontos para dados de registro unitário”*. Em relação à disponibilização de dados de registro unitário, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) coletou, pela primeira vez, no Censo Demográfico de 2022, as coordenadas geográficas dos endereços; que estão organizadas no Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE), abrindo uma nova perspectiva de análise geoespacial, possibilitando correlacionar esses dados com outros recortes territoriais (IBGE, 2022; 2024). As informações obtidas desse georreferenciamento foram as coordenadas dos estabelecimentos de saúde, que abrangem, de forma ampla, todos os estabelecimentos de saúde, tanto dos setores público, quanto dos setores privados, responsáveis por prestar atendimento a pacientes, nos mais diversos regimes, desde que a edificação seja utilizada para essa finalidade exclusiva (IBGE, 2019). Barcellos *et. al.* (2008) analisou o georreferenciamento de dados de saúde, em alguns municípios brasileiros, e identificou basicamente três problemas: o primeiro, inerente ao tratamento de dados de endereço pelos sistemas de informações em saúde (SIS); o segundo, a falta de padronização de dados de endereço; e o terceiro, a falta de estratégias de georreferenciamento. Câmara e Monteiro (2001) já previam o surgimento de bancos de dados espaciais, cada vez mais robustos, o que, por sua vez, seriam responsáveis por motivar um conjunto de técnicas para análise de dados espaciais de saúde. Em relação à utilização dos dados dos Censos, Borges (2015) defende que, sempre que for possível, as bases de dados demográficos podem ser combinadas com os sistemas de informações em saúde (SIS), desde que sejam exploradas as suas potencialidades e observadas as suas limitações. Em relação aos

municípios, são observados dois recortes espaciais na esfera administrativa: o primeiro, que delimita os territórios dos bairros da cidade; e o segundo, que delimita os territórios de atendimento prioritário da saúde, que, não necessariamente, obedecem aos mesmos limites. Neste ponto, surge a principal questão deste trabalho: como correlacionar informações de fontes distintas em diferentes recortes espaciais? Uma alternativa a essa questão seria a utilização das coordenadas geográficas dos endereços, para analisar espacialmente um determinado tema, verificando as potencialidades e as limitações. Assim, para realizar o referido estudo, o município do Rio de Janeiro foi escolhido como recorte espacial para a aplicação da metodologia, sendo utilizadas as coordenadas dos estabelecimentos de saúde do Censo 2022 (IBGE, 2022) e as coordenadas das unidades de saúde da Secretaria Municipal de Saúde Município do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2023); e correlacionando-as com dois recortes espaciais, ou seja, com a delimitação dos 238 territórios das unidades de atenção primária da Secretaria Municipal de Saúde Município do Rio de Janeiro (SMS-RJ) (Rio de Janeiro, 2023) e com a delimitação atualizada dos 166 bairros do Município do Rio de Janeiro (Alem, 2020; Rio de Janeiro, 2023; 2024).

METODOLOGIA

A primeira etapa metodológica consistiu na aquisição de dados e bases cartográficas de fontes confiáveis, ou seja, junto ao IBGE, foram coletadas as informações sobre o Censo de 2022, em especial, as coordenadas geográficas dos endereços dos estabelecimentos de saúde CNEFE (IBGE, 2022; 2024). E, ainda nesta etapa, foram adquiridas as coordenadas das unidades de saúde da SMS-RJ, a base cartográfica com a delimitação dos territórios das unidades de atenção primária da SMS-RJ, e a base cartográfica atualizada dos bairros do Município do Rio de Janeiro, já incluído o recém criado bairro Barra Olímpica (Rio de Janeiro, 2022; 2023; 2024). A segunda etapa consistiu no tratamento dos dados obtidos, adequando-os para os recortes espaciais escolhidos para o presente trabalho, a saber: 1. os territórios das unidades de atenção primária da SMS-RJ, e 2. os territórios dos bairros do Município do Rio de Janeiro. A etapa seguinte consistiu na análise geoespacial, por meio da utilização do geoprocessamento, das unidades de saúde e dos estabelecimentos de saúde, localizados no município do Rio de Janeiro, ou seja, na utilização das coordenadas geográficas dos endereços dos estabelecimentos de saúde do Censo 2022 e das coordenadas geográficas das unidades de saúde da SMS-RJ, correlacionando essas informações de fontes distintas, nos dois recortes espaciais, os limites territoriais dos bairros e os territórios das unidades de atuação primária de saúde. E por fim, na elaboração de oito mapas temáticos, objetivando ilustrar e demonstrar a distribuição espacial das unidades de saúde e dos estabelecimentos de saúde na área de estudo, identificando as áreas com maior ou menor quantidade de unidades de saúde, bem como as áreas com maior ou menor quantidade de estabelecimentos de saúde no município do Rio de Janeiro. Os *softwares* utilizados foram o QGIS Desktop 3.32.2, ArcMap 10.8.2 e ArcGIS Pro 3.3.

RESULTADOS

Os primeiros resultados apontaram que, na área do Município do Rio de Janeiro, existem 346 unidades de saúde, que englobam os Centros de Atenção Psicossocial, Centros Municipais de Saúde, Centros Municipais de Reabilitação, Centros de Referência, Coordenação de Emergência Regional, Clínicas da Família, Policlínicas e Unidades de Pronto Atendimento (Rio de Janeiro, 2023) e 5.415 estabelecimentos de saúde, que são todos os que dispõem de profissional de saúde para atendimento a pacientes, independentemente, de pertencerem aos setores público ou privado (IBGE, 2022).

A Fig. 1 apresenta a distribuição espacial das unidades de saúde por bairro, com destaque para a localização dos hospitais, concentrados em algumas áreas do município. Já a Figura 2 apresenta a distribuição das unidades de saúde por territórios da unidade de atenção primária da SMS-RJ.

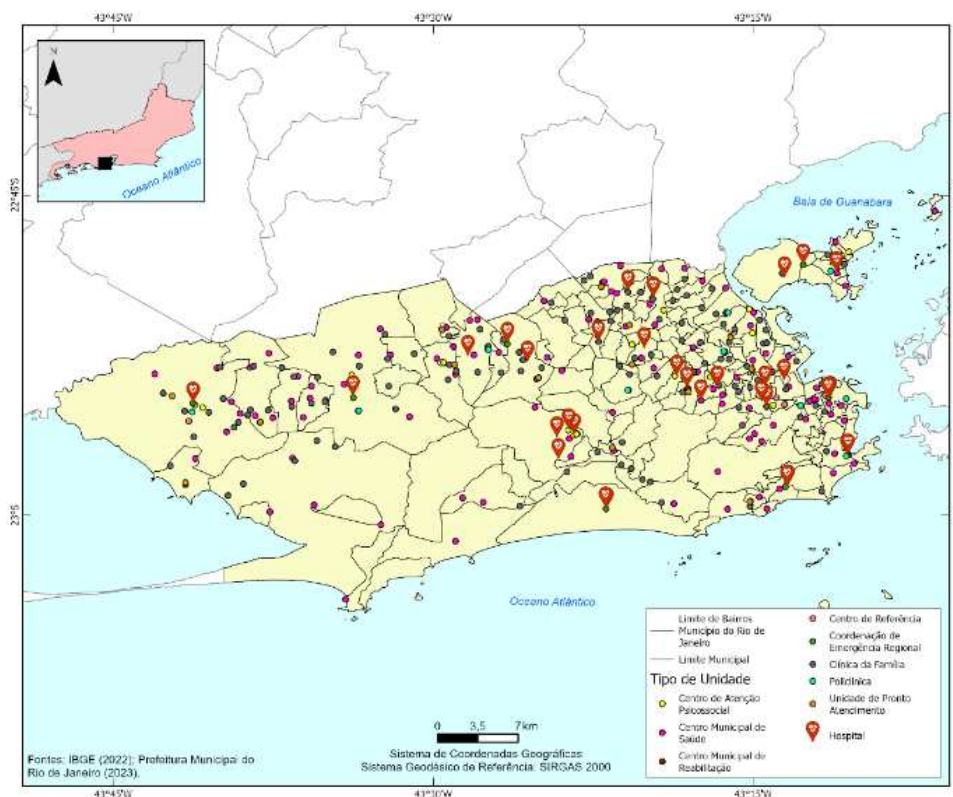


FIGURA 1 - Mapa de localização das unidades de saúde por bairro. Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

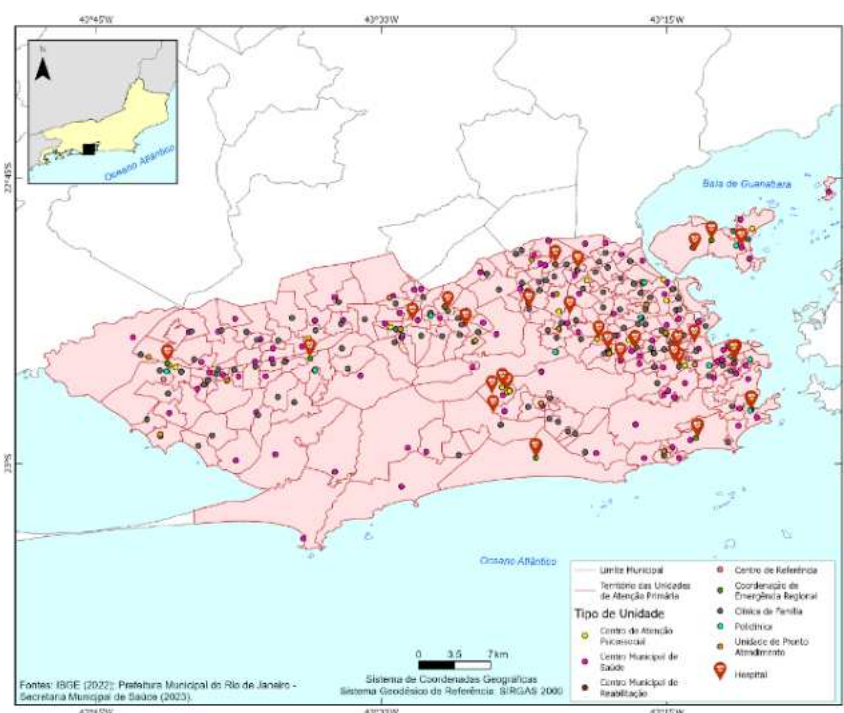


FIGURA 2 - Mapa de localização das unidades de saúde por território das unidades de atuação primária. Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

A Tabela 1 apresenta um rol exemplificativo da quantidade de unidades de saúde por bairro, onde foram selecionados os três bairros com a maior quantidade de unidades, dos quais, destacam-se os bairros de Santa Cruz, com 19 unidades, Campo Grande, com 17, Jacarepaguá, com 13, totalizando 49, o que corresponde a 14% de todas as unidades de saúde do município. Em contrapartida, 46 bairros não possuem unidades de saúde, dentre eles, Deodoro, Campo dos Afonsos e Gericinó.

TABELA 1 - Apresentação dos bairros com as três maiores e as três menores quantidades de unidades de saúde.

BAIRRO	QUANTIDADE DE UNIDADES
SANTO CRUZ	19
CAMPO GRANDE	17
JACAREPAGUÁ	13
DEODORO	0
CAMPO DOS AFONSOS	0
GERICINÓ	0

Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

A Tabela 2 apresenta a quantidade de unidades de saúde por território das unidades de atuação primária da SMS-RJ, onde foram selecionadas as três unidades territoriais com a maior quantidade de unidades, dos quais, destacam-se o SMS CF Arthur Bispo do Rosario com 8 unidades, o SMS CSE São Francisco de Assis e o SMS CF Amelia dos Santos Ferreira, com 7 unidades cada. Das unidades com a menor quantidade de unidades de saúde, destacam-se o SMS CMS Alberto Borgerth e o SMS CMS Aloysio Amâncio da Silva, que não possuem unidades de saúde.

TABELA 2 – As unidades territoriais de atuação primária da SMS-RJ, com as três maiores e as três menores quantidades de unidades de saúde.

NOME DA UNIDADE TERRITORIAL	QUANTIDADE DE UNIDADES
SMS CF ARTHUR BISPO DO ROSARIO - AP 40	8
SMS CSE SAO FRANCISCO DE ASSIS - AP 10	7
SMS CF AMELIA DOS SANTOS FERREIRA - AP 32	7
SMS CMS ALBERTO BORGERTH - AP 33	0
SMS CMS WOODROW PIMENTEL PANTOJA - AP 52	0
SMS CMS ALOYSIO AMANCIO DA SILVA - AP 53	0

Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

As Figuras 3 e 4 apresentam a distribuição espacial dos estabelecimentos de saúde por bairro e pelos territórios das unidades de atuação primária do Município do Rio de Janeiro. Por ser uma categoria que engloba diversas classes, a análise geoespacial foi realizada pela distribuição dos estabelecimentos nos respectivos recortes espaciais, com destaque especial para a concentração dos mesmos nos bairros da Zona Norte, Centro e Zona Sul do município.

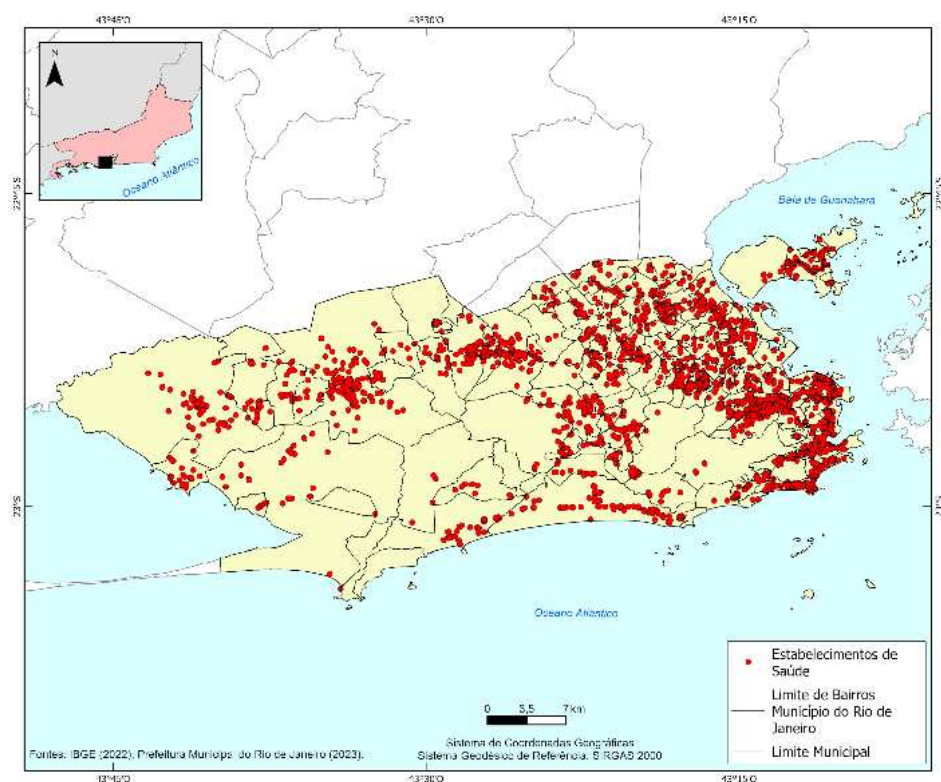


FIGURA 3 - Mapa de localização dos estabelecimentos de saúde por bairro.
Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

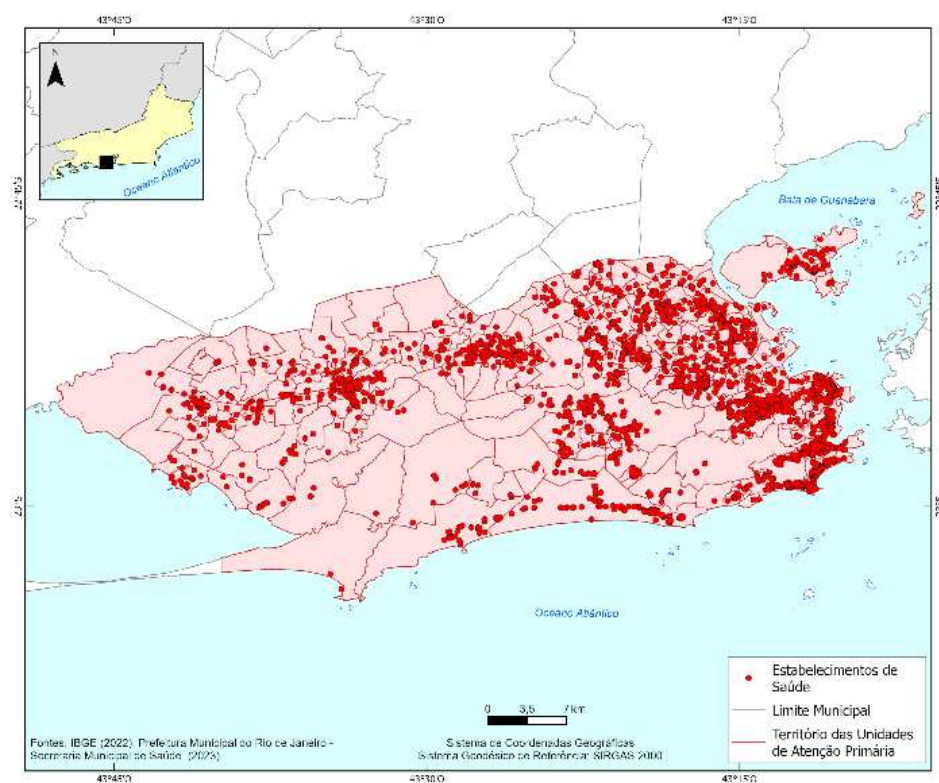


FIGURA 4 - Mapa de localização dos estabelecimentos de saúde por território das unidades de atuação primária.
Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

A Tabela 3 apresenta a quantidade de estabelecimentos de saúde, por bairro, onde foram selecionados os três bairros com a maior quantidade de unidades, dos quais destacam-se os bairros da Tijuca, com 602 estabelecimentos; Copacabana, com 581; Flamengo, com 322; totalizando 1505, o que corresponde a 27,7% de todas os estabelecimentos de saúde do município. Por outro lado, 7 bairros não possuem estabelecimentos de saúde, dentre eles, Ribeira, Camorim e Gericinó.

TABELA 3 – Os bairros com as três maiores e as três menores quantidades de estabelecimentos de saúde.

BAIRRO	QUANTIDADE DE ESTABELECIMENTOS
TIJUCA	602
COPACABANA	581
FLAMENGO	322
RIBEIRA	0
CAMORIM	0
GERICINÓ	0

Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

A Tabela 4 apresenta a quantidade de estabelecimentos de saúde, por território das unidades de atuação primária da SMS-RJ, onde foram selecionadas as três unidades territoriais, com a maior quantidade de unidades, dos quais destacam-se: SMS CMS Heitor Beltrão, com 584 estabelecimentos; SMS CMS João Barros Barreto, com 552; e SMS CMS Manoel Jose Ferreira, com 45. Entretanto, seis territórios das unidades de atuação primária da SMS não possuem estabelecimentos de saúde, dentre eles, SMS CMS Chapéu Mangueira Babilônia e SMS CMS Aloysio Amâncio da Silva.

TABELA 4 - As unidades territoriais de atuação primária da SMS-RJ, com as três maiores e as três menores quantidades de estabelecimentos de saúde.

NOME DA UNIDADE TERRITORIAL	QUANTIDADE DE ESTABELECIMENTOS
SMS CMS HEITOR BELTRAO - AP 22	584
SMS CMS JOAO BARROS BARRETO - AP 21	552
SMS CMS MANOEL JOSE FERREIRA - AP 21	458
SMS CMS CHAPEU MANG BABILONIA - AP 21	0
SMS CMS FLORIPES GALDINO PEREIRA - AP 53	0
SMS CMS ALOYSIO AMANCIO DA SILVA - AP 53	0

Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

As Figuras 5 a 8 correspondem aos mapas temáticos, gerados a partir da análise geoespacial. A Fig. 5 corresponde ao mapa temático do número de estabelecimentos de saúde por bairro; a Fig. 6, ao mapa temático do número de estabelecimentos de saúde por território das unidades de atuação primária; A Fig. 7, ao mapa temático do número das unidades de saúde por bairro, e a Fig. 8, ao mapa temático das unidades de saúde por território das unidades de atuação primária.

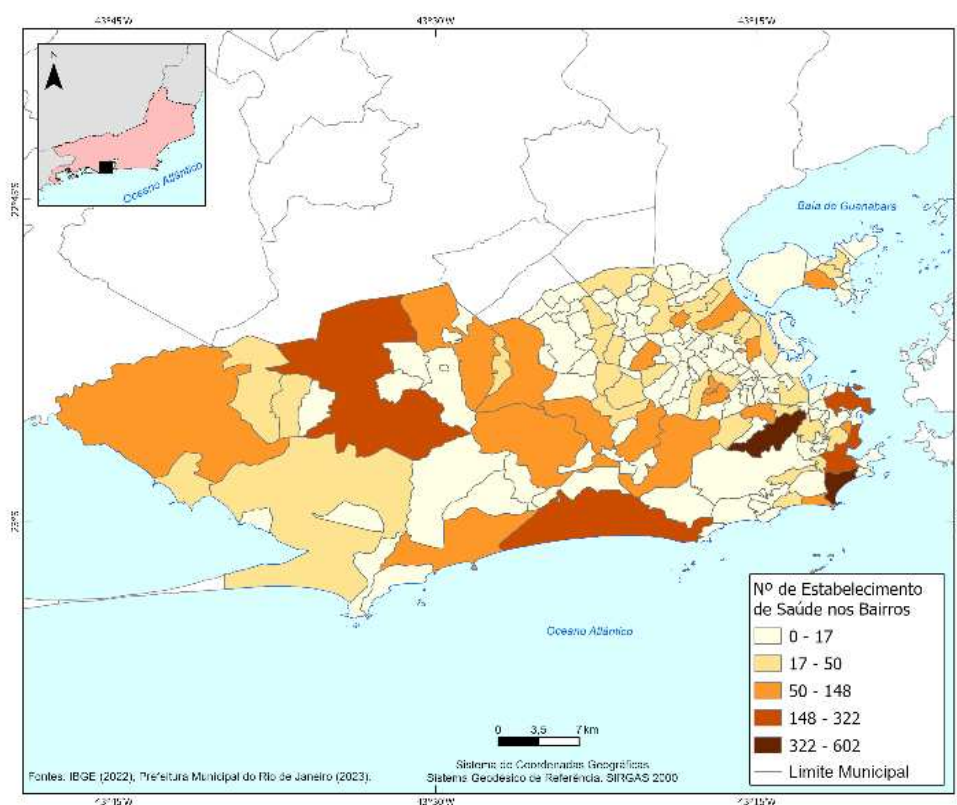


FIGURA 5 - Mapa temático do número de estabelecimentos de saúde por bairro. Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

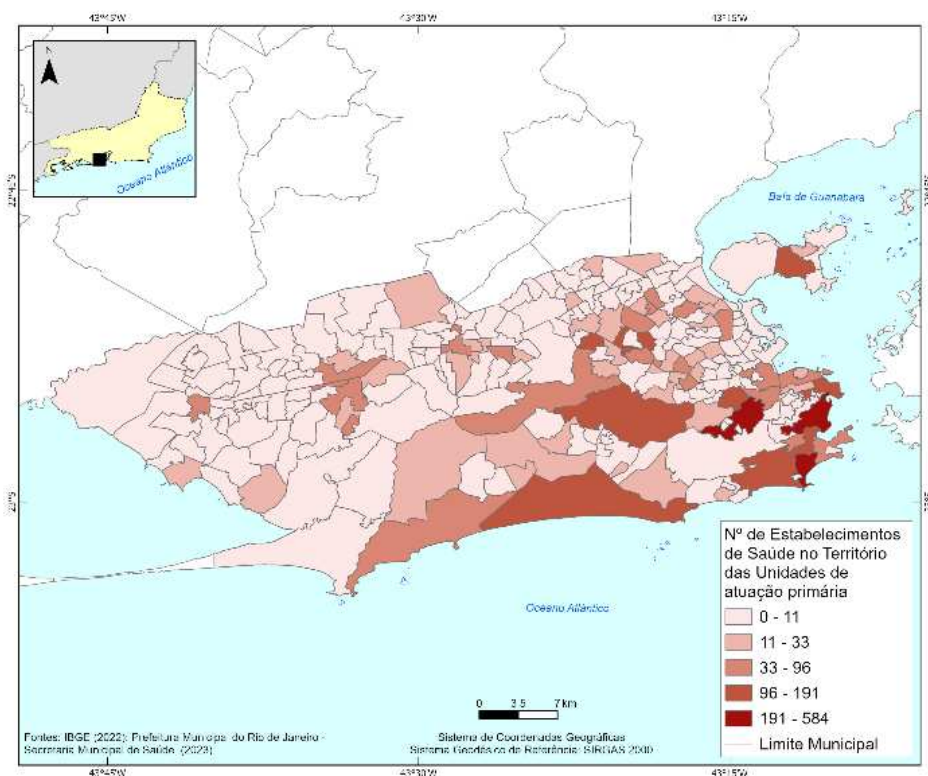


FIGURA 6 - Mapa temático do número de estabelecimentos de saúde por território das unidades de atuação primária. Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

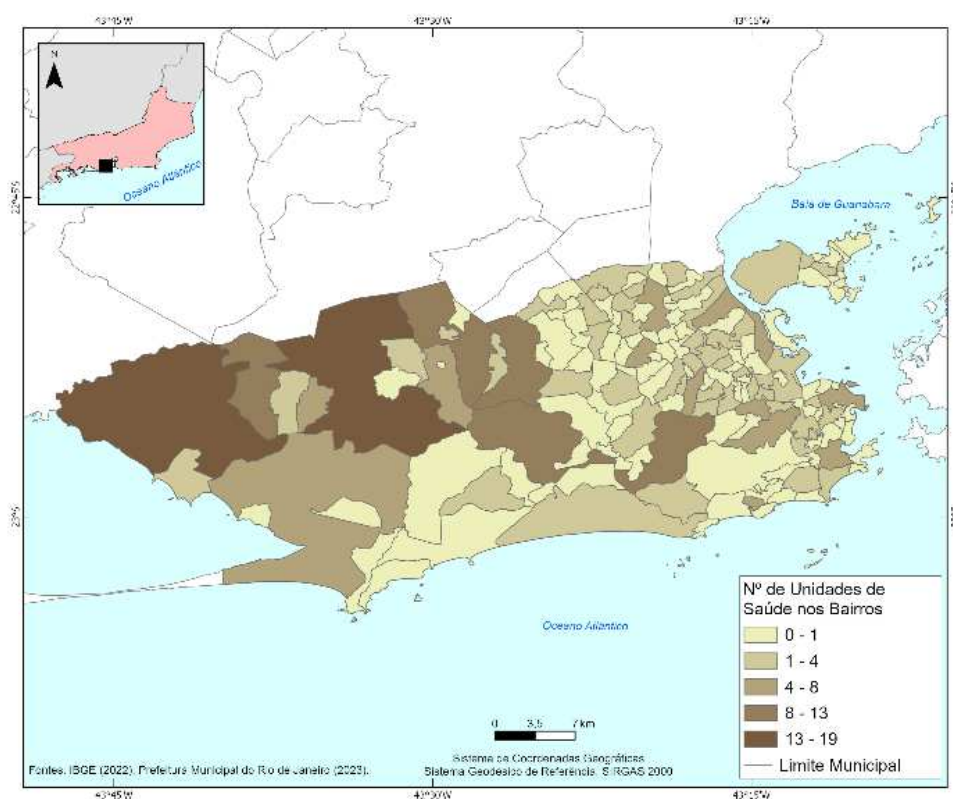


FIGURA 7 - Mapa temático do número das unidades de saúde por bairro.
Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

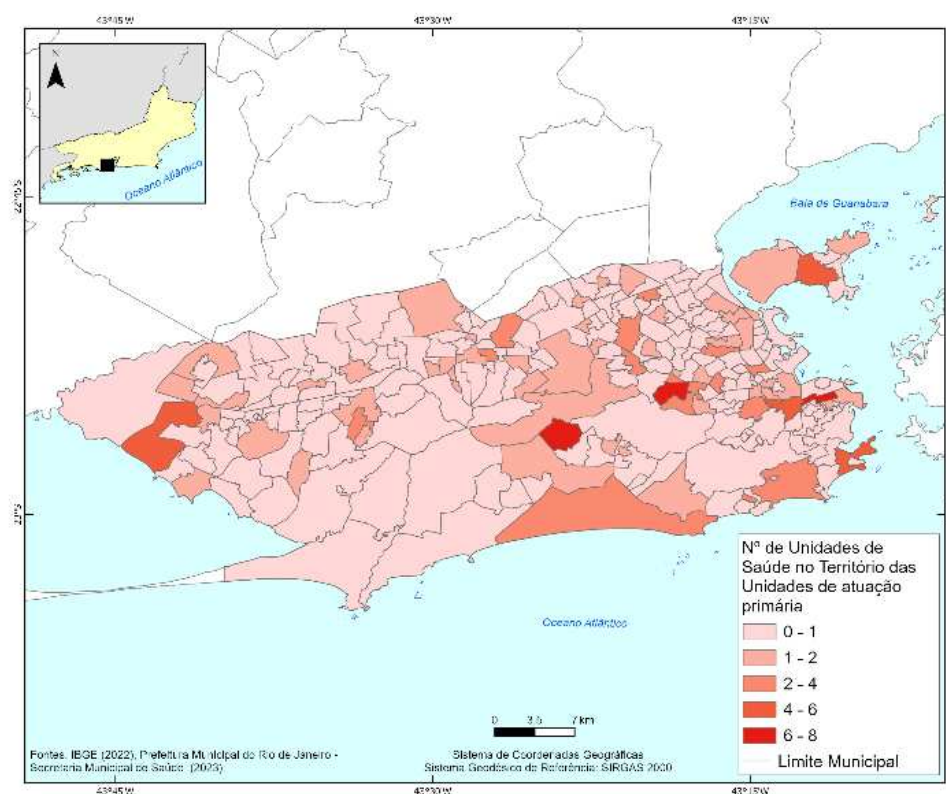


FIGURA 8 - Mapa temático das unidades de saúde por território das unidades de atuação primária.
Elaboração própria, a partir de Rio de Janeiro (2023) e IBGE (2022).

A análise espacial entre os estabelecimentos de saúde e unidades de saúde com os bairros e território das unidades de atuação primária, permitiu um diagnóstico das áreas, onde ainda há uma carência desses equipamentos de saúde. Também possibilitou uma aplicação do geoprocessamento, para o planejamento de novos equipamentos de saúde no município do Rio de Janeiro.

CONCLUSÕES

A principal contribuição deste trabalho, foi aplicar uma metodologia geoespacialmente acessível e utilizável, que permita correlacionar informações de fontes distintas em diferentes recortes espaciais, com base na utilização dos endereços georreferenciados. A área escolhida para aplicação deste estudo foi o município do Rio de Janeiro, em especial, os limites territoriais dos bairros e os territórios das unidades de atuação primária de saúde. Os resultados apontam que há uma concentração de estabelecimentos de saúde nos bairros da Tijuca e de Copacabana, e um número reduzido, em parte da Zona Oeste e no entorno dos bairros de Santa Cruz e Campo Grande. Em relação às unidades de saúde, os bairros de Santa Cruz e Campo Grande aparecem no mapa temático com um quantitativo elevado de unidades. Quando utilizamos como referência o território das unidades de atuação primária, percebemos claramente que as unidades estão concentradas em poucas áreas centrais dos bairros. Dessa forma, conclui-se que a análise geoespacial entre os estabelecimentos de saúde e unidades de saúde com os bairros e território das unidades de atuação primária, por meio da aplicação do geoprocessamento, permitiu diagnosticar e identificar as áreas onde ainda há uma carência desses equipamentos de saúde, e, por consequência, auxiliar na implantação de novos equipamentos de saúde no município do Rio de Janeiro. Algumas limitações foram identificadas no trabalho, em relação aos dados do Censo de 2022, pois o mesmo engloba todos os empreendimentos de saúde, públicos ou privados, de forma agrupada, o que impossibilita um maior detalhamento das informações. As coordenadas das unidades de saúde da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro não coincidem com as coordenadas dos estabelecimentos de saúde do Censo 2022, o que indica uma necessidade de ajustes para melhor interoperabilidade entre as bases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEM, A. Breve relato sobre a formação das Divisões Administrativas na Cidade do Rio de Janeiro: período entre 1961-2019 (Maio/2010). Atualizado em abril de 2020. **Coleção Estudos Cariocas**. Rio de Janeiro: PMRJ, 2020. <https://www.data.rio/documents/PCRJ::cole%C3%A7%C3%A3o-estudos-cariocas-breve-relato-sobre-a-forma%C3%A7%C3%A3o-das-divis%C3%B5es-administrativas-na-cidade-do-rio-de-janeiro-per%C3%ADodo-entre-1961-2019-maio-2010/explore>
- BARCELLOS, C.; RAMALHO, W.M.; GRACIE, R.; MAGALHÃES, M. de A.F.M.; FONTES, M.P.; SKABA, D. Georreferenciamento de dados de saúde na escala submunicipal: algumas experiências no Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 59-70, jan.-mar., 2008. https://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Referencias/georref_Xris_2008.pdf
- BORGES, G. Investigação da saúde nos censos demográficos do Brasil: possibilidades de análise, vantagens e limitações. **BIS. Boletim do Instituto de Saúde**, v. 16, p. 6-14. <https://periodicos.saude.sp.gov.br/bis/article/view/35588>
- BRASIL. Decreto n. 89.817, de 30 de março de 1983. Normas para o controle de qualidade de documentos cartográficos. Brasília, D.O.U., 22/07/1984. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. Geocomputation techniques for spatial analysis: are they relevant to health data? **Cadernos de Saúde Pública** 2001, v. 17, n. 5, p. 1059-1081. <https://www.scielo.br/j/csp/a/8mh3J5rVXD4BxnGcYDxjVxR/?lang=en#>
- CONCAR (Comissão Nacional de Cartografia). **Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**. Rio de Janeiro, 2010. <https://inde.gov.br/pdf/PlanoDeAcaoINDE.pdf>

IBGE(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **CNEFE - Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/38734-cadastro-nacional-de-enderecos-para-fins-estatisticos.html?=&t=resultados>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Coordenadas geográficas dos endereços no Censo Demográfico 2022**: nota metodológica n. 01. 26p. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102063.pdf>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Padrão de Registro de Endereços Definições e orientações de uso**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101639.pdf>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **ProGrid: guia do usuário**. [s.d.]. ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/progrid_guia_do_usuario.pdf

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Resolução da Presidência do IBGE n. 1/2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.

MENEZES, P.M.L. de; FERNANDES, M. do C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 288p.

NAÇÕES UNIDAS. **The Global Statistical Geospatial Framework (GSGF)**. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs Statistical Division, 2019. https://unstats.un.org/unsd/statcom/51st-session/documents/The_GSGF-E.pdf

RIO DE JANEIRO. Prefeitura do Rio de Janeiro. **Base de dados geográfica dos limites de Bairros da Cidade do Rio de Janeiro**. 2023. <https://www.data.rio/datasets/PCRJ::limite-de-bairros/explore>

RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Saúde. **Delimitação dos territórios das unidades de atenção primária do município do Rio de Janeiro**. <https://pcrj.maps.arcgis.com/home/item.html?id=bb28390659474e42b7323bcbfe2f4410>

RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Saúde. **Unidades de saúde da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro**. <https://www.data.rio/datasets/PCRJ::unidades-de-sa%C3%BAdemunicipais-1/explore>

CAPÍTULO 47

ANÁLISE GEOESPACIAL DO DESMATAMENTO NO DISTRITO DE ITACURUÇÁ NO MUNICÍPIO DE MANGARATIBA/RJ NO PERÍODO DE 2016 E 2022, COM ÊNFASE NA APA MANGARATIBA

Brendo Leonardo Brandão de Oliveira¹

Monika Richter²

1. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Escola Nacional de Botânica Tropical.

Programa de Pós-Graduação Profissional Biodiversidade em Unidades de Conservação.

brendo-leo@hotmail.com.

2. Universidade Federal Fluminense - UFF. Instituto de Educação de Angra dos Reis.

richtermonika11@gmail.com.

RESUMO

O município de Mangaratiba, situado na microrregião de Itaguaí, próxima à Costa Verde, possui 40 km de litoral e é composto por uma sede e cinco distritos. Suas belezas naturais, como praias e ilhas, atraem turistas, sendo a pesca uma atividade econômica relevante, especialmente devido à baía de Sepetiba, *habitat* de diversas espécies. Contudo, o crescimento urbano e a chegada de megaempreendimentos têm impactado o meio ambiente e a economia local. A criação da APA Mangaratiba, em 1987, visou preservar a biodiversidade e os recursos hídricos. Ela desempenha um papel crucial na conservação da Mata Atlântica, nas nascentes e na promoção do desenvolvimento sustentável. No entanto, a expansão urbana desordenada, o turismo descontrolado e as mudanças climáticas representam ameaças à sua preservação.

Palavras-chave: biodiversidade; APA Mangaratiba; geoprocessamento.

ABSTRACT

The municipality of Mangaratiba, located in the microregion of Itaguaí, near the Costa Verde, has 40 km of coastline and is composed of a headquarters and five districts. Its natural beauty, such as beaches and islands, attracts tourists, with fishing being a significant economic activity, especially due to the Sepetiba Bay, habitat of various species. However, urban growth and the arrival of mega-projects have impacted the environment and the local economy. The creation of the Mangaratiba APA in 1987 aimed to preserve biodiversity and water resources. It plays a crucial role in the conservation of the Atlantic Forest, springs, and in promoting sustainable development. However, uncontrolled urban expansion, unchecked tourism, and climate change pose threats to its preservation.

Keywords: biodiversity; Mangaratiba APA; geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Mangaratiba é um município que faz parte da microrregião de Itaguaí, adjacente à região da Costa Verde. Localizado a 85 km da capital do estado do Rio de Janeiro, limita-se a oeste, com Angra dos Reis; ao norte, com Rio Claro; a leste, com Itaguaí; e ao sul, com as Baías de Sepetiba/Ilha Grande. Com 40 km de litoral, Mangaratiba é composto por uma sede e cinco distritos. É um destino turístico popular, devido à sua história, belas praias e paisagens, além de possuir várias ilhas, incluindo Itacuruçá, Jaguanum, Guaibinha e Guaíba (Figura 1).

A economia do município tem passado por mudanças, devido à expansão e chegada de novos megaempreendimentos. A criminalidade, muitas vezes, proveniente da baixada e da capital do estado, é outro fator que contribui para o aumento populacional. A atividade pesqueira e o turismo, principalmente, em Itacuruçá, sofreram uma desaceleração, desde a instalação do Porto de Itaguaí e a implantação da rodovia Rio-Santos.

Grandes empreendimentos, ligados ao setor imobiliário, se instalaram no município, ao longo dos anos, como o *Club Med*, *Portobello Resort*, *Porto Real Resort* e *Mont Blanc Porto Marina Resort*. Além disso, existem várias pousadas, em todos os distritos. Outras áreas importantes para a arrecadação de receitas do município, são os *royalties* da produção de petróleo e as exportações de minério de ferro, através do Terminal da Ilha Guaíba.

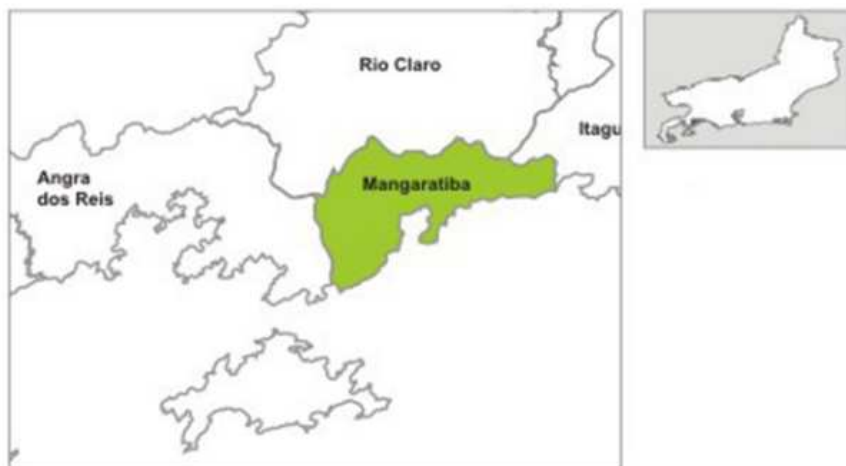


FIGURA 1 - Mapa de Localização. Fonte: Emater (<http://www.emater.rj.gov.br/mangaratiba.asp>).

Todos esses fatores têm influenciado o crescimento urbano e populacional do município, que, ao longo dos anos, tem transformado sua área urbana. Além dos empreendimentos turísticos e imobiliários, o município também começou a crescer em áreas florestais, de forma desorganizada e sem grandes fiscalizações, causando grande impacto ambiental e diminuição da Mata Atlântica.

A APA Mangaratiba foi criada pelo Decreto estadual n. 9802, de 12 de março de 1987, com o objetivo de ser tombada como patrimônio da UNESCO. A APA foi criada atrás de duas subáreas: mata, capoeiras e mananciais e outra, de manguezais. Hoje, a APA possui uma área de 22.936,00 hectares, com a finalidade de uso sustentável. A APA Mangaratiba desempenha um papel fundamental na conservação da biodiversidade e na promoção do desenvolvimento sustentável, sendo uma área crucial para a preservação de nascentes, como o refúgio da Mata Atlântica e para a conservação dos recursos hídricos.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

- **Uso do Solo:** Refere-se às atividades ou finalidades, para as quais, a terra é destinada ou empregada. Isso pode incluir usos residenciais, comerciais, industriais, agrícolas, recreativos, institucionais, de conservação, entre outros. Por exemplo, uma área pode ser designada para uso residencial, onde casas, apartamentos e outras estruturas habitacionais são construídas.
- **Ocupação do Solo:** Refere-se à presença física e apropriativa das atividades humanas na terra. Isso inclui a implantação de edificações, infraestrutura, plantações agrícolas, áreas de lazer, entre outros. Por exemplo, uma área pode ser ocupada por edifícios residenciais, estradas, parques, fazendas, entre outros. É fundamental a análise de uso e ocupação do solo ou terra para o planejamento territorial de qualquer município ou estado no Brasil. Isso permite entender como a terra está sendo utilizada, identificar quais as tendências e as mudanças, ao longo do tempo, e avaliar os impactos da ação humana no meio ambiente.

Nos municípios, o que define o uso e ocupação do território são os Planos Diretores Municipais, que são um instrumento de políticas públicas, básicas para o desenvolvimento e a expansão urbanas. Estabelece diretrizes para o desenvolvimento e crescimento populacional de forma ordenada no território, orientando assim o uso e a ocupação do solo, a infraestrutura urbana, o transporte, a preservação ambiental.

Para Santos e Nunes (2000), o Plano Diretor é um instrumento democrático do planejamento urbano, capaz de promover a participação social e a justiça social, no processo de desenvolvimento espacial das cidades. Paiva diz que o plano diretor é um instrumento de gestão urbana, que busca promover o desenvolvimento sustentável, equilibrando interesses públicos e privados na organização do espaço urbano.

No município de Mangaratiba, o que define o uso e ocupação do espaço territorial do município é o Plano Diretor, que foi definido através da Lei Complementar Municipal n. 45, de dezembro de 2017. Foi feita a revisão do plano diretor e revogado o antigo Plano Diretor, que datava de 2006.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Vulnerabilidade ambiental é crucial na análise para entendimento para o nosso planeta, sua definição pressupõe de um sistema ambiental, que sofre impactos diversos, devido à sua exposição a ameaças. Bem como a sua capacidade de se adaptar e se recuperar desses impactos (Turner, 2003). Essa definição engloba uma gama de fatores, incluído as características físicas, sociais, econômicas e políticas de um determinado ambiente.

Quando analisamos a vulnerabilidade ambiental, no âmbito geográfico, Cutter (2003) destaca que é importante considerar, não apenas o meio físico, mas também as dimensões socioeconômicas e políticas, expostas pela vulnerabilidade, incluindo a distribuição desigual de recursos e os acessos limitados a serviços de infraestrutura. Nesta perspectiva, a vulnerabilidade ambiental é frequentemente analisada, em termos de exposição a riscos naturais, como deslizamentos de terra, inundações e furacões.

Quando olhamos a vulnerabilidade ambiental, pelo olhar da economia, destaca-se a avaliação dos custos associados aos impactos ambientais. Mendelsohn *et al.* (2000) desenvolvem métodos para estimar os custos econômicos da degradação ambiental e identificar estratégias de adaptação, que reduzem a vulnerabilidade e promovam a resiliência econômica.

IMPORTÂNCIA DO GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE AMBIENTAL

O geoprocessamento e o sensoriamento remoto são ferramentas essenciais para a análise ambiental. Eles permitem a integração de dados espaciais e fornecem uma abordagem holística para entender as interações entre fatores ambientais e humanos. O geoprocessamento auxilia na tomada de decisões sobre o uso e a cobertura da terra, contribuindo para a conservação de recursos naturais. O sensoriamento remoto, por sua vez, fornece imagens de satélites e aerofotografias que podem ser processadas para extrair informações valiosas sobre a cobertura terrestre, uso e ocupação do solo, e mudanças ambientais.

Estas ferramentas têm evoluído rapidamente, com o desenvolvimento de novos sensores e plataformas de coleta de dados, permitindo uma análise ambiental mais detalhada e precisa. O Landsat, em particular, é um satélite amplamente utilizado, devido à sua confiabilidade e resolução espacial adequada para o monitoramento de grandes áreas.

Jensen (2005) destaca a importância nos estudos de biodiversidade, modelagem de *habitats*, monitoramento de recursos hídricos, prevenção de desastres naturais e planejamento urbano sustentável. Essas aplicações demonstram que o geoprocessamento pode ser aplicado em diferentes análises, para compreensão mais profunda dos sistemas ambientais e para a tomada de decisões eficazes.

Nos últimos anos, uma das áreas que mais experimentou avanços significativos, foi o sensoriamento remoto, com o desenvolvimento de novos sensores e plataformas de coleta de dados. Com a crescente resolução espacial e espectral das imagens de satélites, combinado com a melhoria na precisão e na frequência de aquisição, tendo proporcionado uma riqueza de indagações para análise ambiental (INPE, 2019).

METODOLOGIA

De início, foi feito o levantamento bibliográfico, em seguida, a aquisição de imagens de satélites do MapBiomas. Foram escolhidos para serem avaliados: Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Uso e Área Urbana, os dados foram tabulados e apresentados em forma de porcentagem por ano de cada área.

No primeiro momento, foi utilizado o *plugin* AcATaMa, para gerar a matriz confusão com acurácia global. No AcATaMa, foi utilizando um índice aceitável de erro de 0,5%, para amostragem dos dados e os pontos distribuídos de forma aleatória. Com o índice, foram projetados 395 a 397, pontos para serem analisados, de formava supervisionada. As imagens utilizadas de apoio para a classificação foram a do Google satélite e Esri. Os pontos foram gerados de forma aleatória, usando como base, o tamanho de cada área.

Validação através do Kappa foi analisada, por meio da matriz confusão gerada, sendo feito o cálculo da acurácia, pelo modelo Kappa, baseado na metodologia de Cohen (1960), atualmente muito utilizado para validação dos mapas que utilizam o sensoriamento remoto. A Figura 2 mostra os valores que determinam o índice de acurácia do mapa.

Kappa Statistic	Strength of the Agreement
<0.00	Poor
0.00 - 0.20	Slight
0.21 - 0.40	Fair
0.41 - 0.60	Moderate
0.61 - 0.80	Substantial
0.81 - 1.00	Almost Perfect

FIGURA 2 - Tabela Kappa para validação de dados extraídos do sensoriamento remoto.

Fonte: Cohen's Kappa. Fonte: Landis & Koch (1977).

O cálculo é dado pela seguinte fórmula: $K1-K2 / 1 - k2$, sendo: K1=acurácia global e K2=resultado do cálculo das áreas obtidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada uma amostra geral dos dados, dos anos de 2016 e 2022, conforme podemos observar nas Figuras 3 e 4, sendo analisados, de forma conjunta, usando formação florestal, pastagem, mosaico de uso e área urbana, representando cada categoria no Gráfico 1.

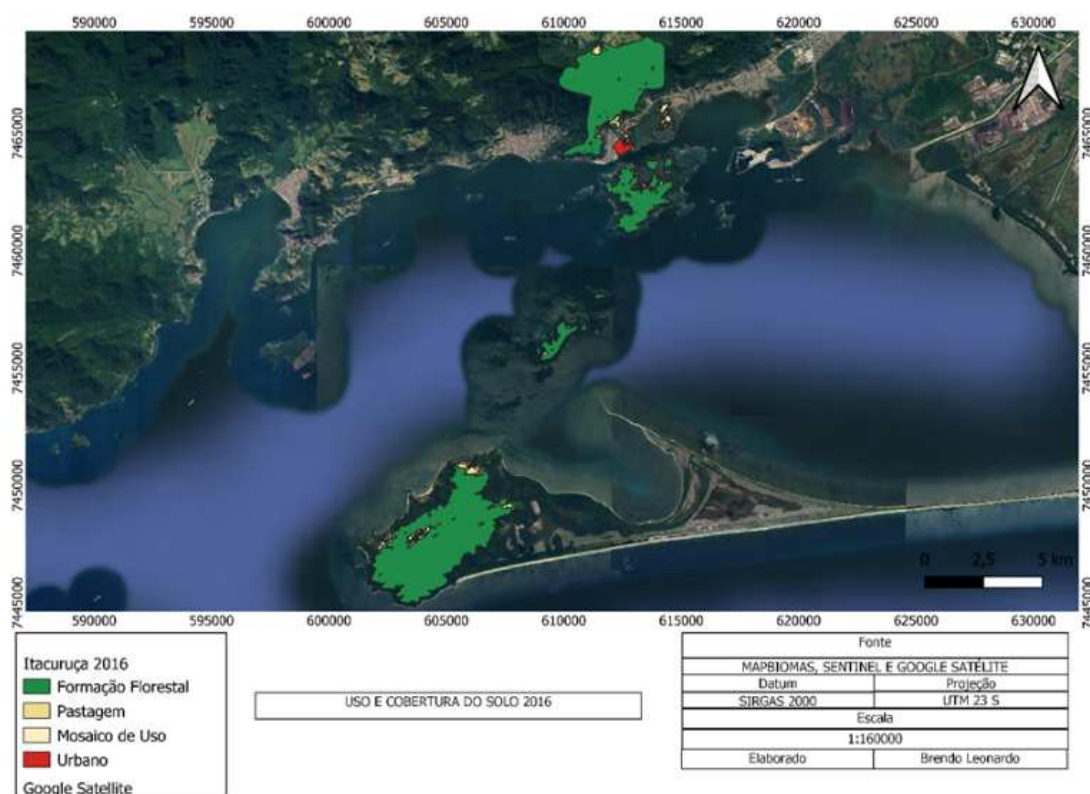


FIGURA 3 - Uso e Cobertura do ano 2016, no Distrito de Itacuruçá. Elaboração própria.

GRÁFICO 1 – Apresenta o demonstrativo de áreas da Figura 6.



Elaboração própria.

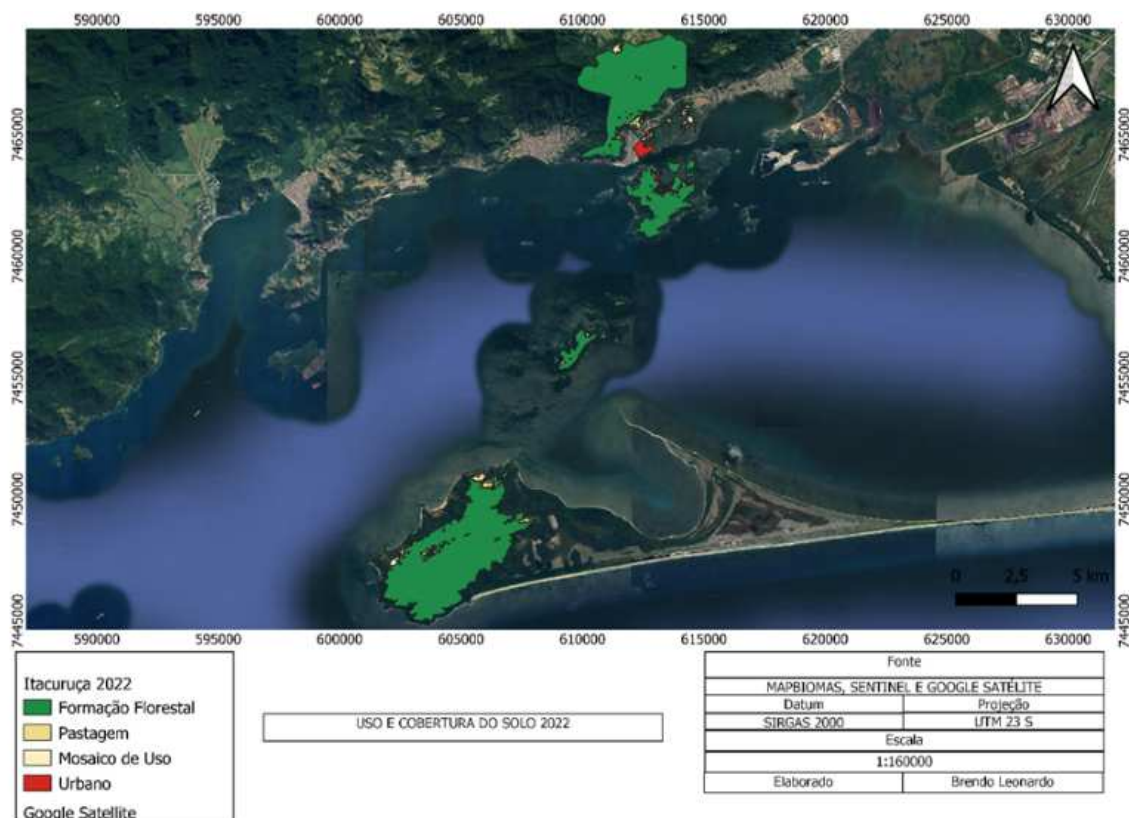
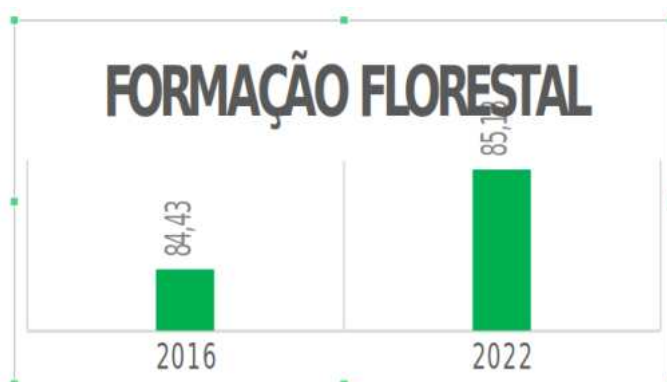


FIGURA 4 - Uso e Cobertura do ano 2022, no Distrito de Itacuruçá. Elaboração própria.

FORMAÇÃO FLORESTAL - Observando o Gráfico 2, verificamos um aumento de quase 1% na formação florestal do ano de 2016 para 2022, formando assim, uma regeneração de floresta no distrito.

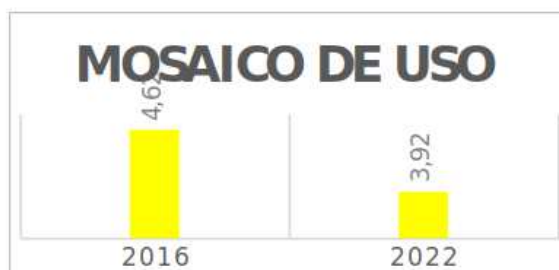
GRÁFICO 2 - Apresenta o demonstrativo de áreas da Figura 7.



Elaboração própria.

MOSAICO DE USO - O Gráfico 3 mostra uma diminuição na paisagem de mosaico de uso, entre os anos de 2016 e 2022, mostrando que as áreas têm perdido múltiplos usos de pastagem.

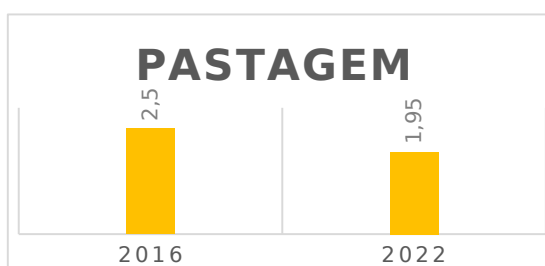
GRÁFICO 3 - Diagrama dos dados dos anos 2016 e 2022 para mosaico de uso.



Elaboração própria.

PASTAGEM - Observando o Gráfico 4, verificamos uma diminuição das áreas de pastagens, entre 2016 e 2022.

GRÁFICO 4 - Diagrama dos dados dos anos 2016 e 2022 para pastagem.



Elaboração própria.

URBANO - A Figura 5 mostra o aumento de área urbana dentro do APA Mangaratiba, no distrito de Itacuruçá.



FIGURA 5 - Mostra o aumento de área urbana dentro da APA Mangaratiba, no distrito de Itacuruçá. (esq.) 02/2016; e (dir.) 02/2022. Fonte: *Google Earth*.

ACURÁCIA ITACURUÇÁ

O índice kappa do mapa de uso e cobertura do solo de 2016 do distrito de Itacuruçá é de 88,98%. Já para o ano de 2022, foi de 86,98%. Em ambos os casos, quando analisamos, verificamos que o mapa está com a amostragem quase perfeita.

CONCLUSÕES

É perceptível que houve um aumento de formação florestal no distrito de Itacuruçá, sendo assim, vimos que estamos tendo uma regeneração nesta localidade. Vemos também que a área de pastagem e mosaico de uso têm sofrido uma diminuição de área, dando lugar a outros pontos com área de formação florestal e área urbana. Já as áreas urbanas, têm sofrido um aumento, de um ano para outro, mostrando um aumento da população dentro da APA. A acurácia dos mapas mostra que temos os dados das classes obtidas pelo Sentinel muto próxima ao real.

Apesar da APA ser uma unidade de conservação, ela é mais permissível das UCs e acaba sofrendo com perdas substanciais de área, como podemos ver no distrito de Itacuruçá, podendo sofrer com a perda da sua biodiversidade e assim acabando com a função principal que é de proteção. Dados assim são importantes para tomadas de decisões, principalmente, na esfera municipal, com as secretarias de meio ambiente atuando mais rigorosamente para a proteção desse espaço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADGER, W.N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.

CLARKE, K.C.; TATE, N.H. GIS and environmental modeling: Progress and research issues. **GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues**, p. 3-18, 2014.

CUTTER, S.L. *et al.* Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003.

GONÇALVES, C.W.P. **Geografia política da Amazônia**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Programa CBERS: 30 anos de imagens da Terra**. São José dos Campos: INPE, 2019.

LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons, 2015.

MENDELSON, R. *et al.* The economic valuation of environmental amenities and disamenities: Methods and applications. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 25, n. 1, p. 309-333, 2000.

NASA. **Landsat Program**. 2020. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>.

PAIVA, P. de T.A. **Plano Diretor: Teoria e Prática**. São Paulo: Saraiva, 2008.

SANTOS, C.N. dos; NUNES, L.H. **Plano Diretor e Reforma Urbana: Teoria e Prática**. São Paulo: Cortez Editora, 2000.

CAPÍTULO 48

ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS PARA COMPREENDER A DISTRIBUIÇÃO DE *KNICKPOINTS*

Felipe Pacheco Silva¹

Letícia Ambrósio de Azevedo Moda¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. felipe.pacheco@ufrj.br; ambrosio.let23@gmail.com.

RESUMO

A influência neotectônica em margens passivas tropicais é um elemento desafiador de se estudar, devido ao intenso intemperismo, típico desses ambientes. Contudo, a análise morfoestrutural e morfotectônica, em particular, a distribuição de *knickpoints*, permite avançar na compreensão da dinâmica e evolução do relevo. Este estudo investigou a evolução da bacia do rio São Pedro, utilizando dados do Modelo Digital de Elevação (MDE), focando no índice de relação declividade-extensão do canal (SL) e na identificação de *knickpoints* para avaliar a resposta da paisagem a processos erosivos e tectônicos. A integração com dados estruturais permitiu elucidar aspectos evolutivos da bacia. Os resultados indicam uma forte correlação entre a distribuição dos *knickpoints* e a geologia da área, com uma alta concentração na unidade de rochas alcalinas do Maciço do Tinguá, sugerindo influência da resistência à erosão dessas rochas e da presença de falhas na formação dos desníveis no perfil do rio. A análise integrada dos perfis longitudinais com informações geológicas e estruturais forneceu informações sobre os processos de formação dos *knickpoints* e a evolução da paisagem fluvial. O estudo destaca a importância da análise integrada de dados geológicos, estruturais e geomorfológicos, utilizando MDEs, para compreender a distribuição e formação de *knickpoints*, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre a dinâmica fluvial e a evolução da paisagem.

Palavras-chave: *knickpoints*; neotectônica; morfometria; modelos digitais de elevação (MDE); bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The influence of neotectonics on tropical passive margins poses a significant challenge for study due to the intense weathering typical of these environments. However, morphostructural and morphotectonic analysis, particularly the distribution of knickpoints, allows for advancements in understanding the dynamics and evolution of the relief. This study investigated the evolution of the São Pedro River basin using Digital Elevation Model (DEM) data, focusing on the stream-length gradient index (SL) and knickpoint identification to assess the landscape's response to erosional and tectonic processes. Integration with structural data facilitated the elucidation of the basin's evolutionary aspects. The results indicate a strong correlation between knickpoint distribution and the area's geology, with a high concentration in the alkaline rock unit of the Tinguá Massif. This suggests the influence of these rocks' erosion resistance and the presence of faults in the formation of knickpoints along the river profile. The integrated analysis of longitudinal profiles with geological and structural information provided insights into knickpoint formation processes and the evolution of the fluvial landscape. The study emphasizes the importance of integrated analysis of geological, structural, and geomorphological data, utilizing DEMs, to comprehend the distribution and formation of knickpoints, contributing to the advancement of knowledge regarding fluvial dynamics and landscape evolution.

Keywords: *knickpoints*; neotectonics; morphometrics; digital elevation models (DEM), river basin.

INTRODUÇÃO

A investigação da influência neotectônica em margens passivas tropicais apresenta desafios, devido à intensa atuação do intemperismo, que pode mascarar evidências geomorfológicas (Souza *et al.*, 2022). No entanto, a análise morfoestrutural e morfotectônica da paisagem desempenha um papel crucial na compreensão da evolução do relevo. Dessa forma, os *knickpoints* exercem importante papel na compreensão da dinâmica geomorfológica.

Os *knickpoints* (ou rupturas abruptas no perfil longitudinal de um rio) são feições geomórficas importantes, que podem fornecer informações valiosas sobre a história evolutiva de uma paisagem (Whipple; Tucker, 1999). Sua ocorrência está frequentemente associada a uma variedade de fatores, incluindo as mudanças na litologia (Keller; Pinter, 2002), reativação de falhas (Burbank; Anderson, 2001), variações no nível de base (Harbor; Gunnel, 2007) e mudanças climáticas (Crosby; Whipple, 2006).

A análise da distribuição de *knickpoints* requer uma abordagem integrada, que combine dados geológicos e geomorfológicos. Por meio da análise de mapas geológicos, imagens de sensoriamento remoto, modelos digitais de elevação (DEMs) e índices geomórficos (Sreedevi *et al.*, 2009), podemos identificar as causas e os mecanismos responsáveis pela formação dos *knickpoints*, bem como avaliar sua influência na evolução da paisagem, ao longo do tempo.

Este artigo explora a utilização de dados geológicos e geomorfológicos para entender a distribuição de *knickpoints*, com base em estudos de caso de diferentes contextos geológicos e climáticos (Rana *et al.*, 2016; Sordi *et al.*, 2018; Argyriou *et al.*, 2017). Por meio dessa análise integrada, podemos obter uma compreensão mais completa dos processos que moldam as paisagens e suas implicações para a evolução do relevo.

Neste contexto, o presente estudo investiga a evolução da bacia do rio São Pedro (Figura 1), com foco na interpretação da paisagem, a partir de dados extraídos do modelo digital de elevação. Particularmente, a análise do índice de relação declividade-extensão do canal (SL) e a identificação de *knickpoints* serão utilizadas para avaliar a resposta da paisagem aos processos erosivos e tectono-estruturais. A integração desses dados com informações estruturais permitirá elucidar os aspectos evolutivos da bacia e avaliar a importância relativa dos agentes climáticos e geológicos na gênese da paisagem atual.

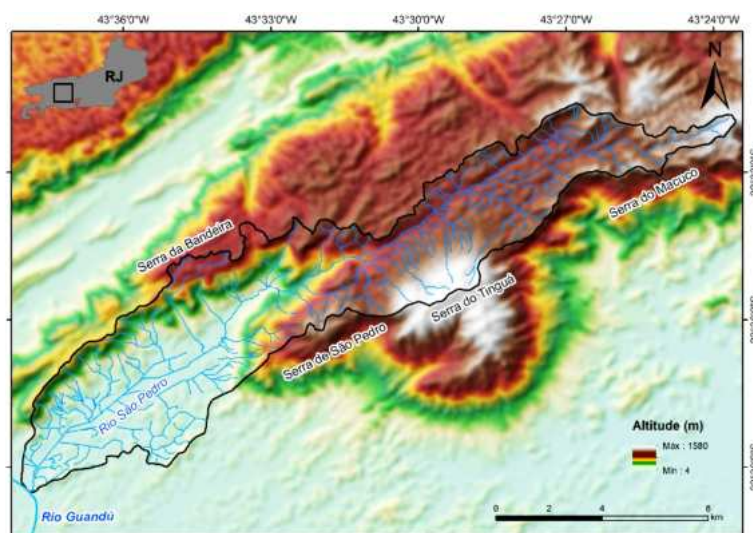


FIGURA 1 – Localização da bacia do rio São Pedro, no estado do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

METODOLOGIA

A metodologia empregada neste estudo envolveu etapas de gabinete e campo, visando analisar a relação entre parâmetros geomorfométricos e o contexto geológico-estrutural da área de estudo. Para tanto, foram utilizados os seguintes materiais: Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, obtido do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2000); cartas topográficas digitais, nas escalas 1:50.000 (folhas Paracambi e Cava) e 1:250.000 (folhas Rio de Janeiro e Volta Redonda), disponibilizadas pelo IBGE; e o mapa

geológico do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:50.000, disponibilizado pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ). Os principais *softwares* utilizados foram o ArcGIS 10.8, para processamento de dados espaciais, georreferenciamento e elaboração de mapas geológicos e geomorfológicos; e o MATLAB, empregado para análise de dados, cálculo de índices geomorfométricos e identificação automática de *knickpoints*.

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre as temáticas de geomorfologia fluvial, morfotectônica e análise de *knickpoints*. Em seguida, o MDE SRTM foi processado no ArcGIS 10.8 para a geração de produtos derivados, como mapas de declividade, mapas de orientação de vertentes e rede de drenagem. Com isso, calculou-se o índice de Relação Declividade-Extensão do canal (SL) para cada segmento de rio, utilizando o MATLAB.

A metodologia proposta de Hack (1974) foi implementada e relaciona a declividade local do canal com a área de drenagem a montante. O índice SL, também conhecido como Relação Declividade-Extensão (RDE), é uma ferramenta geomorfométrica, utilizada para analisar o perfil longitudinal de rios e identificar desequilíbrios, que podem estar relacionados a variações litológicas, estruturais ou tectônicas. O cálculo do índice SL seguiu os seguintes procedimentos:

- o rio foi dividido em segmentos de 20 metros, respeitando a equidistância das curvas de nível;
- para cada segmento, calculou-se o gradiente, que é a razão entre a diferença de altitude (Δh) entre as extremidades do segmento e a distância horizontal (Δl) entre elas; e
- o índice SL foi calculado para cada segmento, utilizando a fórmula abaixo (Hack, 1973; Etchebehere, 2004)

$$SL = (\Delta h / \Delta l) * L$$

Onde:

Δh : Diferença de altitude entre as extremidades do segmento

Δl : Distância horizontal entre as extremidades do segmento

L: Comprimento total do rio a montante do segmento analisado

Os valores de SL foram plotados em gráficos e mapas para identificar variações, ao longo do perfil do rio. Mudanças abruptas no valor de SL indicaram a presença de *knickpoints*, que foram relacionados a variações litológicas, falhas ou outras anomalias. A análise integrada do índice SL, com dados geológicos e estruturais, permitiu uma interpretação mais completa da paisagem fluvial e dos fatores que influenciaram a formação e a distribuição dos *knickpoints* (Etchebehere, 2004).

Para a identificação automática de *knickpoints*, utilizou-se um algoritmo desenvolvido em MATLAB, baseado na detecção de mudanças abruptas no índice SL, ao longo do perfil longitudinal do rio. Este algoritmo permitiu a identificação de *knickpoints* com diferentes magnitudes e sua localização espacial. No MATLAB, o núcleo da análise envolveu o uso da função *knickpointfinder* para identificar *knickpoints*, ao longo da rede de drenagem. A função recebeu a rede de drenagem e o MDE como entradas, juntamente com parâmetros, como a tolerância (*tol*), para a detecção da diferença de elevação e um sinalizador para dividir a rede em *knickpoints* (*split*).

Por fim, o mapa geológico e as informações sobre falhas foram integrados aos resultados da análise geomorfométrica, a fim de investigar a relação entre a distribuição dos *knickpoints* e o contexto geológico-estrutural da área.

RESULTADOS

A área mapeada apresenta uma geologia dominada por rochas do embasamento cristalino do Terreno Oriental da Faixa Ribeira, com intrusões de rochas alcalinas e granitos de idade pós-colisional (Figura 2). O Maciço de Tinguá, localizado em Nova Iguaçu e protegido pela Reserva Biológica do Tinguá, apresenta uma variedade de rochas predominantes, como nefelina sienitos, foiaítos e fonolitos, acompanhadas por brechas vulcânicas (Lima, 1976). Além disso, diques de traquito, fonolito, tinguaíto, basaltos e pegmatitos são também identificados nessa área. O Complexo Rio Negro, inicialmente, sugerido como um arco magmático, é constituído principalmente por ortognaisses e granitoides, incluindo dioritos, tonalitos, leucogranitos e gnaiss porfiróide (Matos *et al.*, 1980). Estudos posteriores demonstraram a exclusão dos gnaisses de composição granítica desse complexo (Tupinambá *et al.*, 1996). O Batólito Serra dos Órgãos, caracterizado pela presença de granodioritos, está situado em uma margem continental ativa com subducção oceânica (Machado; Demange, 1994; Grossi Sad *et al.*, 1980). Por último, o Granito Andorinha, representando a última geração de granitos intrusivos pós-colisionais, é encontrado na Zona Central e Oeste da cidade do Rio de Janeiro e na Baixada Fluminense, cortando outras unidades litoestratigráficas da Faixa Ribeira.

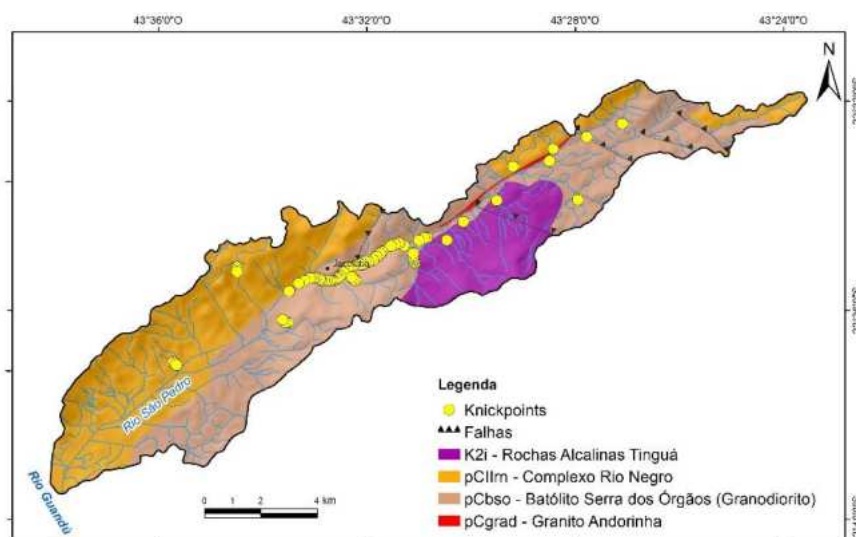


FIGURA 2 – Mapa Geológico e a distribuição dos *knickpoints*. Elaboração própria.

Os resultados obtidos demonstram uma clara influência da geologia e das estruturas tectônicas na distribuição dos *knickpoints* ao longo do rio estudado. A maioria dos *knickpoints* concentra-se na unidade litológica de rochas alcalinas do Maciço do Tinguá, indicando uma correlação positiva entre a resistência à erosão dessas rochas e a formação dos desníveis no perfil do rio. A presença de *knickpoints* em contatos litológicos, como ocorre entre o Complexo Rio Negro e o Batólito da Serra dos Órgãos (granodiorito), reforça a importância da variação litológica na gênese desses pontos de inflexão no perfil fluvial.

A análise estrutural revelou um alinhamento notável entre vários *knickpoints* e as falhas mapeadas no alto e médio curso da bacia. Isso sugere que as falhas desempenham um papel significativo na formação dos *knickpoints*, criando zonas de fraqueza na rocha e facilitando a erosão diferencial. A combinação de litologias resistentes, como as rochas alcalinas, com zonas de falhas parece ser particularmente favorável à formação de *knickpoints*, explicando a sua alta concentração na unidade rochas alcalinas do Maciço do Tinguá.

A bacia (Figura 3) e os perfis longitudinais dos canais (Figura 4) apresentam trechos com diferentes declividades, refletindo a variação litológica e estrutural ao longo do seu curso. A análise do perfil longitudinal do rio São Pedro revela a presença de *knickpoints* com magnitudes variadas. Destaca-se um *knickpoint* de 337 metros de desnível, associado a um trecho de acentuada declividade. A localização deste *knickpoint* coincide com a unidade do Granodiorito Serra dos Órgãos (Figuras 2 e 3). Embora esta litologia seja geralmente caracterizada por resistência moderada a alta à erosão, a ocorrência de fraturas e juntas pode reduzir sua resistência, tornando-a mais suscetível à incisão fluvial e, conseqüentemente, à formação de *knickpoints*. A coincidência espacial entre o *knickpoint* de maior magnitude e o Granodiorito Serra dos Órgãos sugere que o fraturamento da rocha pode ter desempenhado um papel importante na gênese desta feição geomórfica. A análise integrada do perfil longitudinal com as informações geológicas e estruturais permitiu inferir os processos de formação dos *knickpoints* e a evolução da paisagem fluvial.

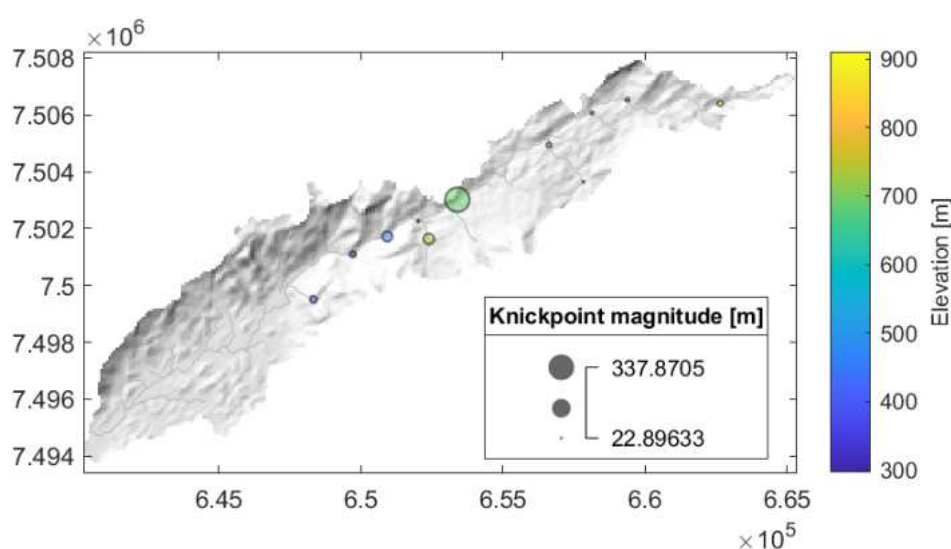


FIGURA 3 – Distribuição de *knickpoints* e sua magnitude. Elaboração própria.

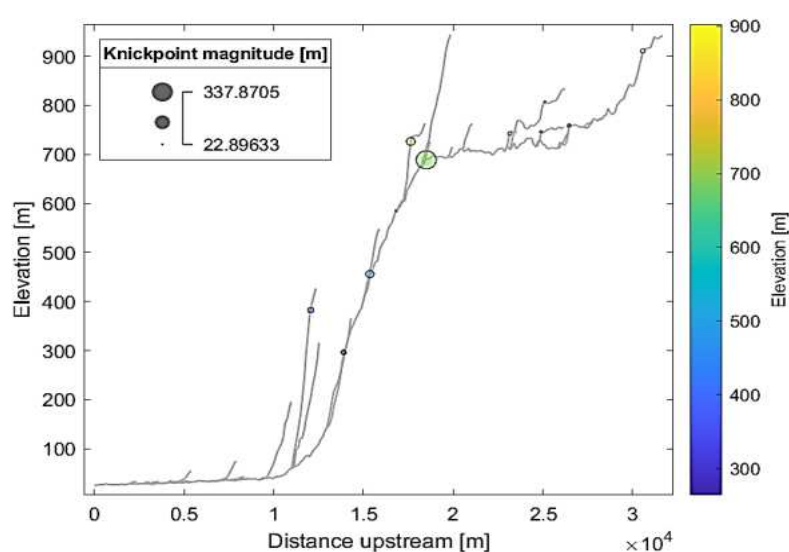


FIGURA 4 – Perfis longitudinais dos canais estudados e magnitude dos *knickpoints* obtidos a partir do MDE. Elaboração própria.

Esses resultados evidenciam a importância da análise integrada de dados geológicos, estruturais e geomorfológicos para a compreensão da distribuição e formação dos *knickpoints*. A combinação de diferentes fontes de informação permitiu identificar os fatores que controlam a evolução da paisagem fluvial e a gênese desses pontos de inflexão no perfil do rio.

CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou a importância da análise integrada de dados geológicos, estruturais e geomorfológicos para a compreensão da distribuição e formação de *knickpoints* nos canais fluviais da bacia do rio São Pedro. A combinação de mapas geológicos, informações sobre falhas e perfis longitudinais, extraídos do Modelo Digital de Elevação (MDE), permitiu identificar alguns aspectos dos fatores que controlam a evolução da paisagem fluvial e a gênese desses pontos de inflexão.

Nesse contexto, os MDEs desempenham um papel fundamental na extração e análise dos *knickpoints*. Eles fornecem informações precisas sobre a topografia e o perfil longitudinal do rio, permitindo a identificação e a quantificação dos *knickpoints*, com maior acurácia do que os métodos tradicionais de mapeamento. A disponibilidade de MDEs de alta resolução tem impulsionado o estudo de *knickpoints* e a compreensão dos processos geomorfológicos associados.

Além da extração dos *knickpoints*, os MDEs foram fundamentais para a aplicação de diversas técnicas de análise espacial, como a delimitação de bacias hidrográficas, o cálculo de declividades e a identificação de padrões de drenagem. Essas ferramentas contribuem para uma compreensão mais completa da evolução da paisagem e dos processos que atuam na modelagem do relevo.

Portanto, os resultados desta pesquisa reforçam a importância dos MDEs como ferramentas essenciais para estudos geomorfológicos e a investigação de processos fluviais. A integração de MDEs com dados geológicos e estruturais permitiu uma abordagem mais completa e precisa para a compreensão da formação e distribuição de *knickpoints*, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre a dinâmica fluvial e a evolução da paisagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ e a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG/UFRRJ), pela bolsa de Iniciação Científica – PIBIC, concedida à discente do curso de geografia, Letícia Ambrósio de Azevedo Moda, no âmbito do projeto PVIG4454-2023, aprovado no EDITAL nº 006/2023 PROPPG/UFRRJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGYRIOU, A.V. TEEUW, R.M.; SOUPIOS, P.; SARRIS, A. Neotectonic control on drainage systems: a GIS-based geomorphometric and morphotectonic assessment for Crete, Greece. **Journal of Structural Geology**, v. 104, p. 93-111, 2017.
- BURBANK, D.W.; ANDERSON, R.S. **Tectonic geomorphology**. Malden, Massachusetts: Blackwell Science, 2001.
- CROSBY, B.T.; WHIPPLE, K.X. Knickpoint initiation and distribution within fluvial networks: 236 waterfalls in the Waipaoa River, North Island, New Zealand. **Geomorphology**, v. 82, n. 1-2, p. 16-38, 2006.
- DERBY, O.A. Tinguá (K2E1λti). **Revista Brasileira de Geologia**, v. 30, n. 2, p. 123-135, 1987.
- ETCHEBEHERE, M.L. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão - RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para Detecção de Deformações Neotectônicas. **Geol. USP Sér. Cient.**, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.
- GROSSI SAD, J.H.; SOUZA, P.A.M.; LIMA, S.A.P.; GONÇALVES, F.T. Geologia do batólito Serra dos Órgãos (Rio de Janeiro). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 10, n. 3, p. 196-206, 1980.

- HACK, J.T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the United States Geological Survey**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.
- HARBOR, D.; GUNNELL, Y. Along-strike escarpment heterogeneity of the western Ghats: a synthesis of drainage and topography using digital morphometric tools. **Journal of the Geological Society of India**, v. 70, p. 411-426, 2007.
- KELLER, E.A.; GURROLA, L.; ROCKWELL, T.; KORSCH, R.J. **Active tectonics: Earthquakes, uplift, and landscape**. Prentice Hall, 2004.
- KELLER, E.A.; PINTER, N. **Active tectonics: Earthquakes and landscape**. 2. ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 2002.
- LIMA, R.M. Estudo geológico do maciço de Tinguá (Nova Iguaçu, RJ). **Boletim IG**, v. 4, n. 1, p. 73-94, 1976.
- MACHADO, F.B.; DEMANGE, M. Aspectos petrográficos e tectônicos do batólito Serra dos Órgãos, RJ. **Boletim IG**, v. 8, n. 1, p. 7-22, 1994.
- MATOS, J.M.; SILVA, R.B.; ALMEIDA, C.D.; OLIVEIRA, A.F. Proposta da Unidade Rio Negro, município de Cantagalo, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 10, n. 3, p. 185-195, 1980.
- RANA, N.; SINGH, S.; SUNDRIYAL, Y.P.; RAWAT, G.S.; JUYAL, N. Interpreting geomorphic indices for neotectonic implications: An example from the Alaknanda valley, Garhwal Himalaya, India. **Journal of Earth System Science**, v. 125, n. 4, p. 841-854, 2016.
- SORDI, M.V.; SALGADO, A.A.R.; SIAME, L.; BOURLÈS, D.; PAISANI, J.C.; LÉANNI, L.; BRAUCHER, R.; COUTO, E.V. Equipe ASTER (Aumâtre, G. e Keddadouche, K.). Implications of drainage rearrangement for passive margin escarpment evolution in southern Brazil. **Geomorphology**, v. 306, p. 155-169, 2018.
- SOUZA, C.M.P.; LIMA, C.C.U. de; COSTA, L.M.; VELOSO, G.V.; GOMES, R.L.; LEITE, M.E.; FERNANDES-FILHO, E. I. Geomorphic indices, machine learning and osl-palynology chronology to assess neotectonic deformation in the continental margin – Northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 118, p. 103931, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103931>
- SREEDEVI, P.D.; OWAIS, S.; KHAN, H.H.; AHMED, S. Morphometric analysis of a watershed of south India using SRTM data and GIS. **Journal of the Geological Society of India**, v. 73, p. 543-552, 2009.
- TUPINAMBÁ, M.; PIMENTA, C.G.; SILVA, A. B.; PEREIRA, F. S. Caracterização petrográfica e geoquímica dos ortognaisses e granitoides do Complexo Rio Negro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 26, n. 4, p. 363-376, 1996.
- USGS. **Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second**, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000.
<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1>
- WHIPPLE, K.X.; TUCKER, G.E. Dynamics of the stream-power river incision model: implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 104, n. B8, p. 17661-17674, 1999.

CAPÍTULO 49

ANÁLISE MICROCLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE MURIAÉ-MG: UMA ABORDAGEM APLICADA AO CÁLCULO DE POTENCIAL DE AQUECIMENTO

Thamiris Gatti Souza¹

Pedro José de Oliveira Machado²

Cássia de Castro Martins Ferreira²

Yan Carlos Gomes Vianna²

Francisco Carlos Moreira Gomes³

1. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Faculdade de Engenharia. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. São Pedro, Juiz de Fora. MG. Brasil. CEP: 36036-900. thamiris.gatti@estudante.ufjf.br.

2. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Departamento de Geociências. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. São Pedro. Juiz de Fora. MG. Brasil. CEP: 36036-900. pjomachado@gmail.com; cassia.castro@ufjf.br; yan.vianna@ufjf.br.

3. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-916. franciscocarlosmoreiragomes@gmail.com.

RESUMO

O estudo do clima urbano se mostra de grande importância na identificação de campos térmicos distintos dentro de uma mesma cidade, a fim de colaborar para a mitigação do desconforto térmico gerado pelo processo de urbanização. Dessa forma, o presente estudo selecionou 3 áreas no município de Muriaé (MG) para a aplicação da metodologia de modelo de potencial térmico, através do sensoriamento remoto para mapeamento de características físicas e urbanas. Como resultado, verificou-se uma diferença significativa do potencial de aquecimento, demonstrado pela influência nas diferenças de uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: clima Urbano; microclima; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The study of urban climate proves to be of great importance in identifying distinct thermal fields within the same city, in order to contribute to the mitigation of thermal discomfort generated by the urbanization process. Thus, the present study selected 3 areas in the municipality of Muriaé (MG) for the application of the methodology of thermal potential model, through remote sensing for mapping physical and urban characteristics. As a result, a significant difference in heating potential was observed, demonstrated by the influence on the differences in land use and occupation.

Keywords: urban climate; microclimate; remote sensing.

INTRODUÇÃO

Desde os anos 1960, o espaço urbano brasileiro sofreu um profundo movimento de expansão urbana, potencializado pela ineficácia das políticas públicas de planejamento urbano (Costa, 2019). Como consequência desse processo, atualmente, as cidades sofrem o ônus dos constantes problemas ambientais deste histórico-cultural processo de urbanização brasileiro, somado à atuação questionável de agentes públicos e privados, a favor do mercado imobiliário, em detrimento dos interesses gerais da sociedade civil.

As consequências deste processo de modificação da paisagem, como resultado da urbanização, é presenciada pelos seres humanos de variadas maneiras nas cidades. Atualmente, é cada vez mais comum o número de problemas urbanos envolvendo eventos pluviométricos, como inundações e alagamentos. Mais recentemente, estão se tornando, cada vez mais recorrentes, as ondas de calor (Perkins-Kirkpatrick e Lewis, 2024), que, no meio urbano, têm impactos mais intensos, devido à natureza dos materiais e das formas urbanas com intensa impermeabilização e pouca arborização.

Monteiro (1976, p. 95) o define como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Assim, como resultado das modificações no espaço urbano, realizadas pela sociedade, são geradas consideráveis alterações nos microclimas locais. Por exemplo, essas alterações ocasionam um fenômeno, onde o ar urbano é mais quente do que o ar da área rural circundante da cidade, chamado de ilha de calor (Oke, 1987).

Materiais urbanos comuns, como o asfalto e o concreto, por suas características físicas (albedo, emissividade, condutividade térmica, capacidade calorífica, impermeabilidade etc.) absorvem mais calor advindo da radiação solar e o conservam por mais tempo, em comparação à vegetação natural, seja rural ou florestal. Além disso, a geometria que os edifícios formam nas cidades, os cânions urbanos, tendem a prender o calor no seu interior e diminuem os ventos, que reduzem o calor armazenado, somado com as fontes de calor geradas pelo homem, como as descargas dos automóveis, esses elementos explicam o calor adicional observado nas cidades.

A de se considerar sobre essa questão que o modelo de urbanização e sociedade brasileira, segundo Santos (2005, p. 11), se “revela uma crescente associação com a pobreza”. Logo, o ônus ambiental, pago pelas alterações climáticas no centro urbano, é distribuído de maneira desigual na sociedade, onde os mais pobres sofrem os maiores impactos.

Diante deste exposto, este trabalho se propõe a realizar uma análise de áreas com diferentes características de urbanização no interior de Muriaé, utilizando-se geotecnologias, com modelo de potencial térmico de Ferreira (2014), para avaliar as possíveis respostas térmicas de tais usos distintos na conformação de microclimas diferentes no interior da cidade.

METODOLOGIA

A cidade selecionada para a realização do estudo está localizada no leste do estado de Minas Gerais, denominada Muriaé, o qual se caracteriza por ser um município de porte médio, com 104.108 habitantes, segundo o último censo do (IBGE, 2022). Destes, 93.320, residentes na área urbana. Muriaé está localizada na mesorregião da Zona da Mata (IBGE, 2021), Inserida no domínio dos “mares de morros” (Ab’Sáber, 2005). Seu clima é do tipo Aw, clima tropical com inverno seco (Reboita *et al.*, 2015). Por estar posicionado geomorfologicamente em uma depressão, com altitude média de 230m, o município, naturalmente, apresenta temperaturas mais elevadas, ao longo de todo ano, se comparado a outros da Zona da Mata. Que possuem clima do tipo Cwa, devido às elevadas altitudes, com inverno seco e verão menos quente.

Assim, para a realização da pesquisa, foram destacadas três áreas, dentro do perímetro urbano, sendo analisado um raio de observação de 100 m, em cada. A escolha do raio de 100 m foi embasada em estudo realizado por Vianna (2023), envolvendo as cidades pequenas, em transição para médias, como é o caso de Muriaé. Enquanto que a seleção das 3 áreas levou em conta os diferentes padrões de cobertura do solo e padrões de construção, fatores que exercem influência direta na microclima local.

Após a definição das áreas para a análise e, por meio do uso de imagens, provenientes do *Basemap Esri* e do *Google Street View*, as seguintes variáveis para comporem o estudo foram levantadas: tipo de cobertura das edificações e do solo, número de pavimentos, altura e área das edificações, cobertura vegetal, corpos d’água e as vias de circulação. Após o mapeamento destas variáveis, foram derivados os seguintes mapas temáticos: albedo, emissividade, massa construída, impermeabilização do solo e cobertura vegetal. Posteriormente, foram estabelecidos pesos e notas a cada uma destas variáveis, considerando como esses são fatores condicionantes do clima urbano (Quadro 1). Esses valores foram definidos, a partir de revisão bibliográfica de autores (Ferreira e Prado, 2003; Ferreira, 2014; Vianna, 2018), que já abordaram a temática aqui discutida, em regiões próximas ou de dinâmica semelhante à área de estudo.

Por fim, após cada variável ter recebido uma nota, em função da sua importância no potencial de aquecimento e dentro da variável, as classes receberam diferentes notas, considerando o potencial de aquecimento (Quadro 1). Esses pesos e notas, para cada variável, foram equacionados para a construção e análise dos mapas de potencial de aquecimento. Esse cálculo foi executado por meio da Equação de Potencial de Aquecimento Total (PAT), proposta por Vianna (2018) (eq. 1), resultando na criação dos mapas de potencial de aquecimento para cada um dos pontos observados.

$$PAT = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

PAT = Potencial de aquecimento total do ar em uma área

X_i = É o número de *pixels* com pelo w

W_i = Valor do potencial de aquecimento em um *pixel*

QUADRO 1 - Relação dos pesos dados às características durante a análise.

Valores de massa construída e o peso no aquecimento do ar		Valores de albedo e emissividade de superfícies urbanas e naturais				
Massa construída (Kg)	Peso	Material	Albedo	Peso	Emissividade	Peso
0 - 104012	1	Coberturas				
104012 - 313116	2	Laje(cimento)	0,35	3	0,9	2
313116 - 645338	3	Fibrocimento	0,34	3	0,9	2
645338 - 976211	4	Telha metálica	0,57	2	0,25	5
976211 - 1204337	5	Telha colonial nova e limpa	0,68	1	0,9	2
		Telha colonial velha e suja	0,53	2	0,9	2
		Pavimentos				
		Asfalto	0,12	5	0,95	1
		Concreto	0,35	3	0,9	2
		Pedra Lascada	0,33	3	0,95	1
		Solos claros e secos	0,35	3	0,9	2
		Vegetação e água				
		Gramma	0,26	4	0,95	1
		Vegetação arbustiva	0,16	5	0,9	2
		Vegetação arbórea	0,2	5	0,98	1
		Água	0,1	5	0,95	1

Fonte: Oke (1987); Ferreira e Prado (2003); Vianna (2018); e Souza (2023).

RESULTADOS

Foram destacados três locais de observação, com um raio de 100 metros, para a realização deste estudo, na cidade de Muriaé – MG (Figura 1). As áreas compreendem diferentes mosaicos de uso e cobertura e padrões de construção, possibilitando uma verificação da influência do tipo de cobertura e padrão de ocupação na composição da dinâmica do microclima local.

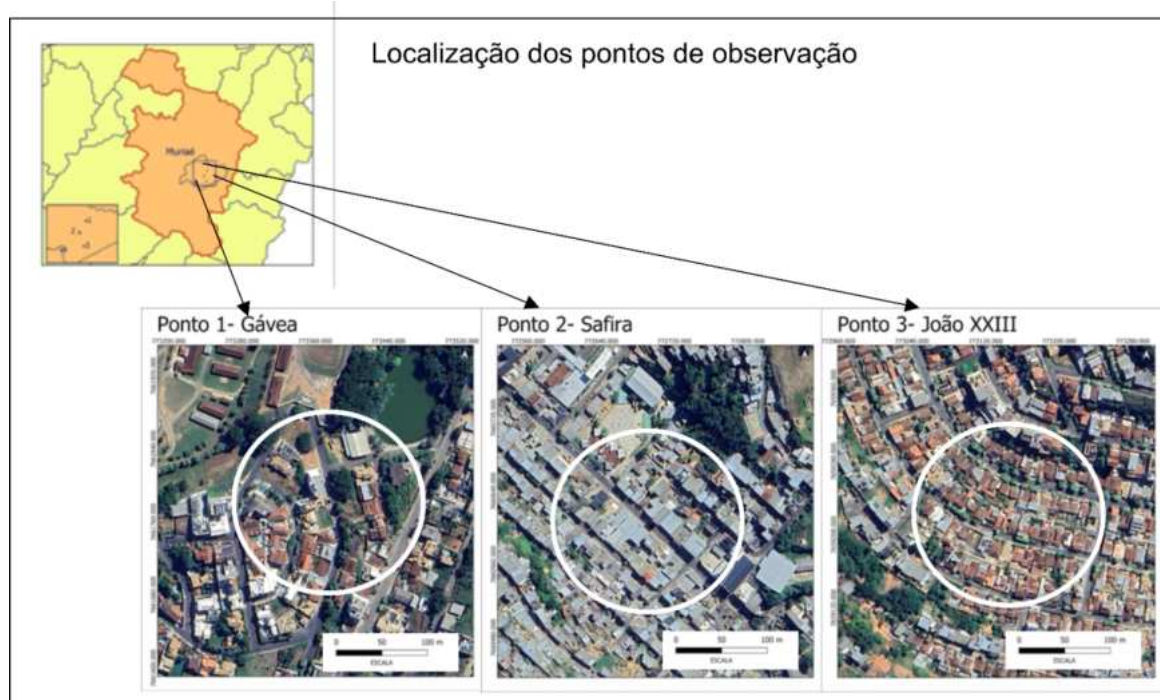


FIGURA 1 - Localização dos pontos de observação e seus respectivos raios de análise. Elaboração própria.

O primeiro ponto, localizado no bairro da Gávea, é classificado frente ao padrão de zonas climáticas urbanas, desenvolvido por Oke (2006), como uma região altamente desenvolvida. Nele, estão presentes edificações de maior porte, variando de 1 até 5 pavimentos; quanto ao tipo de cobertura das construções, obteve-se a percentagem de 67,4% de telha colonial, 23,9% de telha metálica e 8,7% de laje. Em relação à variável pavimentação, identificou-se a presença tanto do asfaltamento, como de consideráveis áreas de solo exposto. A vegetação mostrou-se notavelmente mais presente neste ponto, sendo 61,83% de toda a vegetação, mapeada dentro dos raios observados no estudo.

O segundo ponto (Ponto 02- Safira) insere-se também na classe 7, atribuída por Oke (2006), porém, com um intenso desenvolvimento, haja vista, que a maior parte das edificações apresenta de 2 a 5 pavimentos, assim como maior adensamento de construções. Em relação ao tipo de cobertura, foram identificados os percentuais de 76,97% de telha metálica, 9,35% de laje, 7,19% de telha colonial e 6,47% de telha de fibrocimento. Quanto à pavimentação, esta variou entre o asfalto, algumas pequenas áreas de solo exposto e alguns espaços cimentados. No que tange a variável de cobertura vegetal, este ponto apresentou o menor percentual, com apenas 9,95% vegetação mapeada entre os pontos de observação.

O último ponto (Ponto 03 – bairro João XXIII) da área urbana, como os demais anteriores, se enquadra dentro da classe 7 da proposta de Oke (2006), tendo suas construções, de 1 a 3 pavimentos, com 83,5% delas, com somente 1 pavimento, se enquadrando assim, como altamente desenvolvido. No que concerne ao tipo de cobertura, identificou-se a percentagem de 64,55% de telha colonial, 25,94% de telha metálica e 9,49% de laje. Quanto ao tipo de pavimentação, foram mapeadas além do asfalto, áreas de solo exposto e cimentadas. Com relação a cobertura vegetal, que, em sua maior parte, ocorre paralela aos arruamentos, corresponde ao percentual de 28,21%.

Ao aplicar o “Modelo de Potenciais térmicos”, foram obtidos os valores de potencial de aquecimento dos elementos urbanos, de acordo ao proposto por Vianna (2018) (Figura 2). Esse modelo permite visualizar, dentro do raio de estudo, a área que, potencialmente, por seus elementos constitutivos, são mais quentes e, com isso, propor intervenções com precisão.

Para cada área, foi calculado o PAT, que é o número que sintetiza o potencial de aquecimento de uma área, de modo a permitir sua comparação com outras áreas. Foi possível, destacar que existe uma variação no comportamento da temperatura, em cada um dos locais, de forma distinta, relacionados aos processos de antropização empregados.

Assim, o Ponto 01 tem a presença de maiores porções de vegetação arbórea e corpos d'água, em comparação com os outros pontos de observação, porém, possui grandes áreas com solo exposto, que tendem a aumentar, em certos locais, o seu PAT. Ao observar a baixa biomassa vegetal presente no Ponto 02, com um forte adensamento urbano, esse, se apresenta como o local com o maior potencial de aquecimento. Por fim, o Ponto 03 se mostrou mais equilibrado, à medida que possui um potencial de aquecimento considerável, devido ao adensamento urbano, mas a presença de vegetação e outros tipos de cobertura diminui os valores de PAT, tornando-o mais equilibrado.

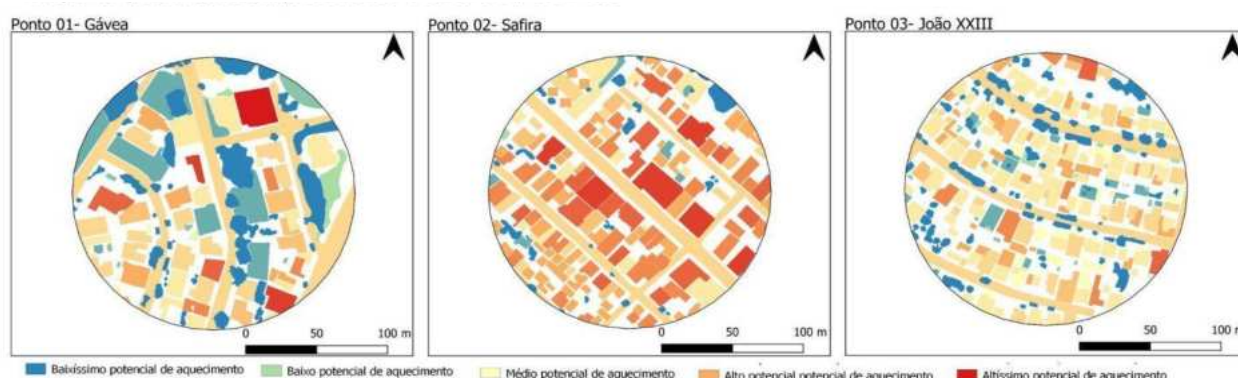


FIGURA 2 - Potencial de aquecimento calculado para cada um dos pontos observados. Elaboração própria.

Dessa forma, após análise de integração de informações dos mapas gerados pelo cálculo do PAT, cada raio foi classificado dentro de baixíssimo, baixo, alto e altíssimo potencial de aquecimento, como proposto na metodologia de Ferreira (2014). Logo, diante dos dados, o Ponto 02 (Safira) foi considerado aquele com Altíssimo potencial de aquecimento, seguido do Ponto 01 (Gávea), de Alto potencial de aquecimento, e por fim, o Ponto 03 (João XXIII), aquele com médio potencial de aquecimento.

CONCLUSÕES

Diante da antropização do meio urbano, através de construções, impermeabilização do solo, fluxo de veículos, entre outros, a área urbana passa a apresentar uma variabilidade de microclimas, que demonstram a diversificação do ambiente construído e sua implicação no clima de cada local. A partir disto, o presente estudo buscou analisar diferentes localidades, dentro de uma mesma cidade, com padrões distintos de uso e cobertura, aplicando o Modelo de Potencial Térmico, proposto por Ferreira (2014), a fim de verificar e analisar a presença destes diferentes microclimas.

Após análise, foram encontradas 3 dinâmicas climáticas diferentes, uma em cada localidade escolhida, evidenciando a influência das diferenças de uso e cobertura na variável climática, além de indicar o potencial de aquecimento de cada área, de acordo com o modelo PAT, proposto por Vianna (2018). A principal vantagem dessa modelagem é identificar áreas prioritárias, que necessitam de intervenções urbanas para mitigar os efeitos das ilhas de calor e aumentar a resiliência às ondas de calor. Isso, sem necessidade, de instalar diversos termômetros pela área urbana e com maior precisão, frente ao uso de imagens termais, como as do Landsat.

Perante o exposto, reitera-se a importância de análises como esta para ações de intervenção dos gestores públicos, como também para o planejamento urbano, ambiental e territorial das cidades, a fim de diminuir os impactos das mudanças climáticas e melhorar a qualidade de vida da população.

Para trabalhos futuros, observa-se a necessidade de ampliar os pontos de observação ao redor de mais locais dentro da cidade de Muriaé com a coleta de temperatura do ar, alargando também a janela temporal dos dados. A fim de construir análises que sejam capazes de verificar a variação do microclima local, diante das diferentes estações do ano e a influência do PAT na dinâmica climática local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005.
- COSTA, R.M. **Avaliação de probabilidade e risco à ocorrência de escorregamentos na bacia hidrográfica do córrego Tapera, Juiz de Fora – MG**. 2016. 180f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Geografia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas, Juiz de Fora.
- FERREIRA, C.C.M. Modelo para análise das variáveis de cobertura da terra e a identificação de microclimas, em centros urbanos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 14, p. 50-75, jan.-jul. 2014.
- FERREIRA, F.L. e S. **Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios**. 2003. 102f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico de 2022**. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/muriae.html>
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Portal cidades**. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/muriae/panorama>
- MONTEIRO, C.A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias; 1).
- OKE, T.R. **Boundary layer climates**. 2 ed. Londres: Methuen & Co. Ltd, 1987.
- OKE, T.R. Towards better scientific communication in urban climate. **Theoretical and applied climatology**, Viena, v. 84, n. 1-3, p. 179 -190, 2006.
- PERKINS-KIRKPATRICK, S.E., LEWIS, S.C. Increasing trends in regional heatwaves. **Nature Communications**, 03 jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-16970-7>
- REBOITA, M.S.; RODRIGUE, M.; SILVA, L.F.; ALVES, M.A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.I.], v. 17, dez. 2015.
- SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Edusp, 2005.
- SOUZA, T.G. **Identificação de microclimas no município de Muriaé (MG): uma contribuição aos estudos de clima urbano**. 2023. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia, na forma de artigo, em Geografia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas, Juiz de Fora.
- VIANNA, Y.C.G. *et al.* Estudo sobre a dimensão do raio da área de origem térmica para as medições da temperatura do ar urbano. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 834-857, 2023.
- VIANNA, Y.C.G. **Modelagem e identificação de ilhas de calor em Ubá-MG**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia–Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora.

CAPÍTULO 50

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL E MORFOTECTÔNICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO PEDRO (RJ): EXTRAÇÃO DE MÉTRICAS DA PAISAGEM A PARTIR DO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

Letícia Ambrósio de Azevedo Moda¹
Felipe Pacheco Silva¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. ambrosio.let23@gmail.com; felipe.pacheco@ufrj.br.

RESUMO

Os estudos de neotectônica são cada vez mais importantes para a compreensão das paisagens brasileiras. Para analisar os aspectos morfoestruturais e morfotectônicos das bacias hidrográficas costeiras do país, é essencial entender a importância dos movimentos neotectônicos, juntamente com os movimentos tectônicos mais antigos, na formação do relevo. Nesta pesquisa, utilizamos diversas ferramentas e metodologias para avaliarmos as deformações tectônicas da bacia. Na bacia do rio São Pedro, os dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) foram utilizados como instrumento principal para obter informações essenciais para a pesquisa. Esses dados foram aplicados em índices, como o Índice de Relação Declividade-Extensão (RDE) e o Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD), para identificar e observar anomalias no canal principal do rio e avaliar a influência da neotectônica na dinâmica da bacia. A análise integrada do perfil longitudinal, combinada com as informações do RDE e a litologia local, permitiram identificar diversas anomalias de drenagem, como segmentos do canal mais anômalos, desvios abruptos e *knickpoints*, que evidenciam aspectos da morfodinâmica da bacia. Dessa forma, o respectivo estudo demonstra o potencial de uma análise conjunta de dados geomorfológicos, geológicos e estruturais, utilizando MDEs, a fim de compreender a formação e a distribuição de fatos morfotectônicos, que sugerem uma atividade tectônica recente e o controle litoestrutural da bacia.

Palavras-chave: controle estrutural; neotectônica; morfometria; modelos Digitais de Elevação (MDE); bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Neotectonic studies are increasingly important for understanding Brazilian landscapes. To analyze the morphostructural and morphotectonic aspects of coastal watersheds in the country, it is essential to understand the importance of neotectonic movements, along with older tectonic movements, in the formation of the relief. In this research, we used several tools and methodologies to assess the tectonic deformations of the basin. In the São Pedro River basin, Digital Elevation Model (DEM) data were used as the main instrument to obtain essential information for the research. These data were applied in indices such as the Slope-Extension Ratio Index (RDE) and the Drainage Basin Asymmetry Factor (FABD) to identify and observe anomalies in the main river channel and assess the influence of neotectonics on the basin's dynamics. The integrated analysis of the longitudinal profile, combined with the RDE information and the local lithology, allowed us to identify several drainage anomalies, such as anomalous channel segments, shutter ridges, and knickpoints that highlight the morphodynamics of the basin. Thus, the respective study demonstrates the potential of a joint analysis of geomorphological, geological, and structural data, using DEMs to understand the formation and distribution of morphotectonic factors that suggest recent tectonic activity and the litho-structural control of the basin.

Keywords: structural control; neotectonics; morphometrics; digital elevation models (DEM); watershed.

INTRODUÇÃO

A pesquisa em neotectônica, dedicada ao estudo dos movimentos crustais recentes, tem se destacado como um importante avanço na compreensão da geotectônica, contribuindo para uma

visão mais completa da evolução da crosta terrestre (Kelleher; McCann, 1976; Jackson; McKenzie, 1984). Essa área de investigação permite a aplicação do princípio do atualismo, estabelecendo uma relação direta entre os processos geológicos atuais e os do passado (Hutton, 1788; Lyell, 1830), o que possibilita a análise mais abrangente de características tectônicas anteriormente desconsideradas. Conforme Trifonov (1989), a abordagem neotectônica proporciona uma análise mais precisa dos movimentos tectônicos ocorridos no Cenozoico, permitindo a investigação das relações e transformações entre a tectônica superficial e a estrutura profunda da crosta terrestre. Essa perspectiva, corroborada por Saadi (1993), amplia a compreensão da dinâmica da crosta terrestre em diferentes escalas temporais e espaciais, fornecendo subsídios para a interpretação de eventos tectônicos passados e a previsão de eventos futuros (Allen, 1975; Yeats, 1982).

Essas investigações, aliadas ao estudo da tectônica ativa no Brasil, contribuem para a compreensão das dinâmicas das bacias hidrográficas costeiras do país. Trechos de canais que desviam dos comportamentos esperados para o sistema fluvial são classificados como anômalos (Howard, 1967; Pandey, 2001; Firmino, 2016), exibindo morfologias atípicas. Exemplos incluem drenagens invertidas, cotovelos, mudanças abruptas de direção e vales superdimensionados, entre outros (Bishop, 1995).

A bacia do rio São Pedro (Figura 1), localizada no estado do Rio de Janeiro, representa um ambiente propício para a aplicação de uma abordagem integrada, combinando métodos da geologia, geomorfologia e análise estrutural, para desvendar sua evolução e origem (Christofoletti, 1980; Suguio, 2003). Considerando a posição do Brasil, em relação à Placa Sul-Americana, a investigação neotectônica se torna crucial para a compreensão não apenas dos eventos tectônicos que moldaram a estrutura geológica do país, como a formação do supercontinente Pangeia e a separação dos continentes (Wilson, 1966; Tarbuck; Lutgens, 2014), mas também para a análise dos movimentos tectônicos recentes, que modelam a paisagem atual (Saadi, 1993).

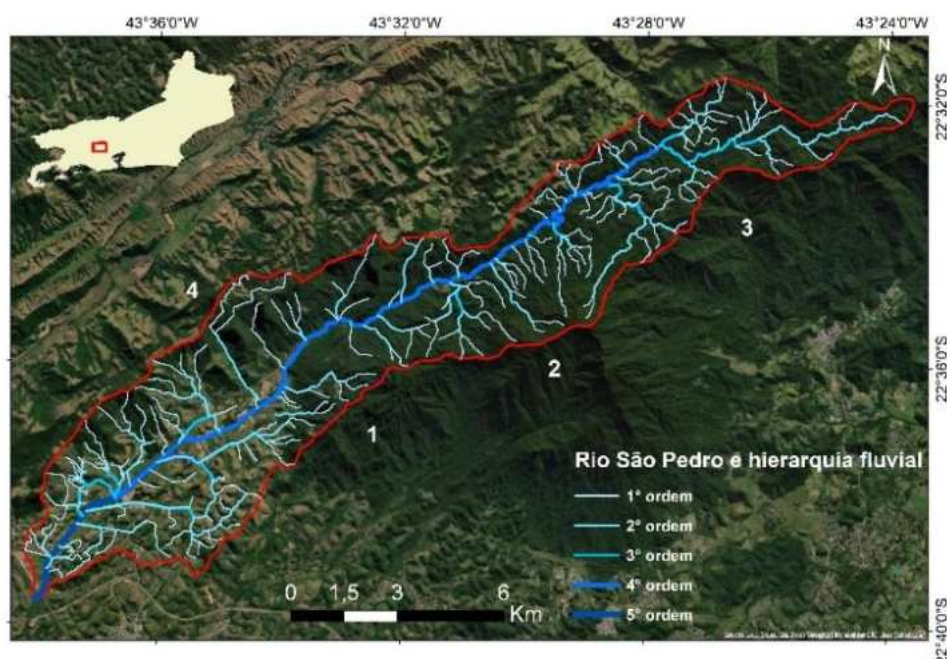


FIGURA 1 - Localização da bacia do rio São Pedro no estado do Rio de Janeiro. Serras: 1. Serra do São Pedro; 2. Serra do Tinguá; 3. Serra do Macuco; 4. Serra da Bandeira. Elaboração própria.

A neotectônica, segundo Saadi (1993), permite "a comparação da tectônica ativa com as manifestações cenozóicas pretéritas, permitindo correlacionar as consequências dos eventos, na escala de tempo geológico, bem como identificar a complexidade de seus desenvolvimentos". Essa abordagem possibilita a observação, medição e datação dos movimentos tectônicos cenozóicos, de maneira mais precisa, fornecendo subsídios para a compreensão da dinâmica geológica recente e a sua influência na modelagem da paisagem.

O presente estudo tem, como objetivo principal, a identificação dos aspectos que influenciaram a formação e o desenvolvimento da bacia do rio São Pedro. A investigação se concentra na análise dos aspectos morfoestruturais e morfológicos, presentes na paisagem atual, com o auxílio de técnicas de análise da rede hidrográfica (Horton, 1945; Strahler, 1952). A partir dessas análises, pretende-se investigar a influência dos aspectos litoestruturais e da atividade neotectônica na organização da bacia, buscando elucidar a relação entre a estrutura geológica e a dinâmica geomorfológica da região, a partir de análise espacial e dos índices morfométricos.

METODOLOGIA

Este estudo teve, como base, a integração de dados geomorfológicos, geológicos e hidrográficos, utilizando ferramentas de geoprocessamento para a análise da bacia do rio São Pedro. Os seguintes materiais foram utilizados: Modelo Digital de Elevação (MDE) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, obtido do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2000); cartas topográficas, com escala 1:25.000, disponibilizadas pelo Banco Geográfico de Dados do Exército (BDGEx); e o mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro, com escala 1:25.000, disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB).

O processamento e a análise dos dados foram realizados no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS 10.8, incluindo etapas de georreferenciamento, tratamento de dados espaciais e elaboração de mapas geológicos, de assimetria de bacias e de fatos morfotectônicos.

A pesquisa iniciou com a revisão bibliográfica sobre neotectônica, tectônica ressurgente e estudos de bacias hidrográficas. Posteriormente, o MDE SRTM foi processado no ArcGIS 10.8, para a geração de elementos topográficos e hidrográficos, incluindo a extração de informações, como a declividade e os knickpoints.

Com base nos resultados obtidos, foram calculados o Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) e a Relação Declividade-Extensão (RDE) para cada segmento do rio principal. O FABD, proposto por Cox (1994), permite analisar o deslocamento do canal principal do rio, buscando identificar a possível influência da atividade tectônica na bacia. O cálculo é dado pela Equação 1:

$$FA=100(Ar/At) \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

Ar: Área da margem direita da bacia

At: Área total da bacia

A aplicação do FABD, juntamente com a análise da RDE, possibilitou a identificação de *knickpoints* na compreensão de possíveis áreas de influência da tectônica na bacia do rio São Pedro, contribuindo para a compreensão da sua evolução geomorfológica. A RDE, também conhecida como "Índice de Hack", foi aplicada para identificar alterações no curso do rio São Pedro, associadas às mudanças no substrato geológico, aporte de carga ou tectonismo (Etchebehere *et al.*, 2004). O cálculo do RDE foi realizado em segmentos de 20 metros ao longo do rio principal, utilizando a Equação 2:

$$RDE = (\Delta h/\Delta l) * L \quad (\text{eq. 2})$$

Onde:

Δh : Diferença altimétrica entre os pontos extremos de um segmento

Δl : Projeção horizontal da extensão do segmento

L: Comprimento total da drenagem entre a cabeceira e a isoípsa jusante

Os valores de RDE foram mapeados e representados graficamente para identificar anomalias na drenagem, as quais podem ser associadas a diferenças litológicas, falhas ou outras características geológicas. A análise do FABD e do RDE, realizados no programa ArcGIS 10.8, permitiu identificar áreas de possível influência da tectônica na bacia do rio São Pedro, contribuindo para a compreensão do quadro geomorfológico da área.

RESULTADOS

A bacia do rio São Pedro é limitada pelas serras do Macuco, Tinguá, São Pedro e Bandeira, formadas predominantemente por rochas de natureza arcoseana, granitóide e ortognaisse (Figura 2). Este estudo investiga a relação entre a litologia local e a distribuição de trechos anômalos ao longo do canal fluvial, levando em consideração a localização geográfica e a geologia predominante nas áreas adjacentes.

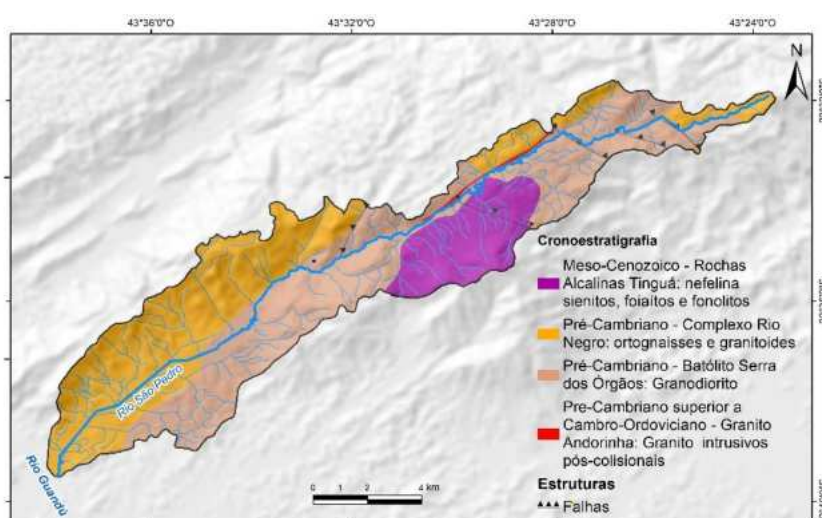


FIGURA 2 - Mapa geológico da bacia do rio São Pedro. Fonte: adaptado do SGB, 2024.

A bacia do rio São Pedro apresenta pontos de anomalias ao longo de seu canal principal e sub-bacias. Os resultados obtidos através do cálculo do FABD para a bacia principal e para as sub-bacias, permitem identificar o grau de deformação e o sentido dos deslocamentos dos canais das sub-bacias. A Tabela 1 e a Figura 3 apresentam os resultados encontrados para o respectivo índice.

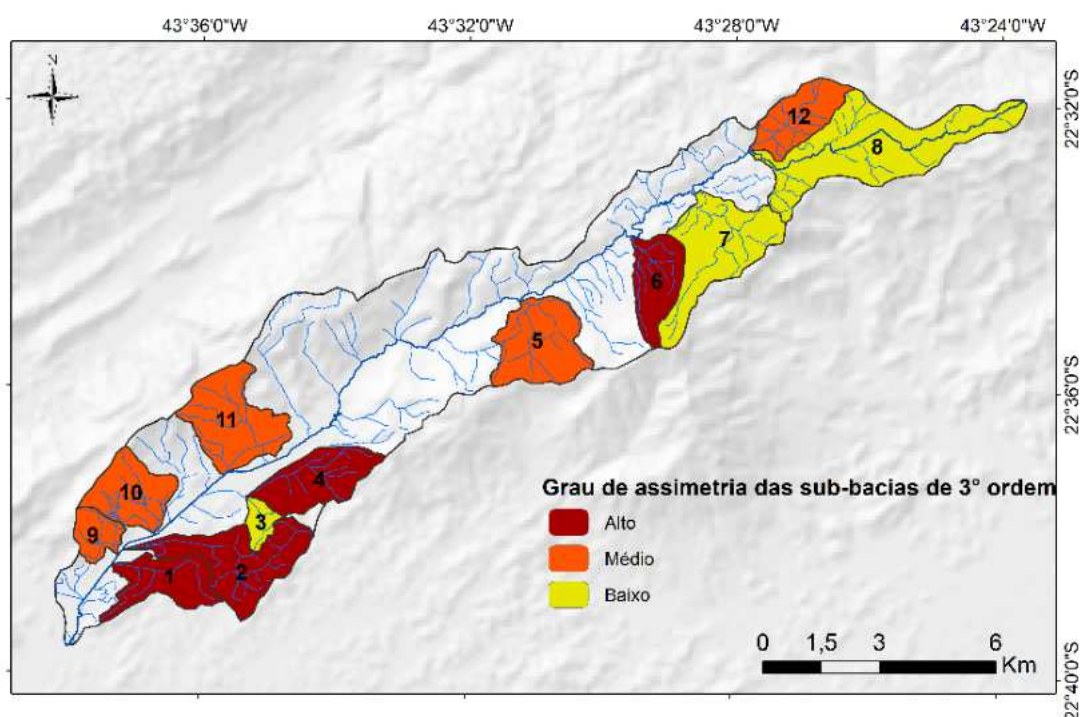
A análise do FABD revelou que a bacia principal do Rio São Pedro apresenta baixa assimetria (FABD = 59,13), com leve desvio do canal principal para a margem direita. As sub-bacias, por outro lado, apresentam maior variabilidade na assimetria, com valores de FABD variando de 9,78 a 80,45, classificadas como de baixa a alta assimetria. As sub-bacias 1, 2, 4 e 6 exibem alta assimetria, com desvio do canal principal para a margem direita (exceto na sub-bacia 6, que apresenta desvio para a esquerda). As sub-bacias 3, 7 e 8 apresentam baixa assimetria, com desvio do canal principal para a margem esquerda. A maioria das sub-bacias (5, 9, 10, 11 e 12) demonstra assimetria média, com valores de FABD entre 32,55 e 70,39.

A variação na assimetria das sub-bacias pode indicar a influência de diferentes fatores, como tectônica, geologia e clima. A tectônica pode ter forte influência nas alterações observadas, uma vez que a presença de falhas ou outras estruturas tectônicas podem influenciar o desenvolvimento do canal principal, levando à assimetria da bacia. A geologia também pode influenciar a deformação da área, dado que a diferença na resistência à erosão entre os diferentes tipos de rochas pode influenciar a forma da bacia. O clima, por sua vez, pode comandar as alterações, dado que a influência da precipitação e da erosão pode também contribuir para a assimetria da bacia.

TABELA 1 - Valores de FABD para a bacia e as sub-bacias do rio São Pedro.

Bacia	Ar	At	FABD	Margem Assimétrica	Classificação
Rio São Pedro	55	93	59,13	Margem direita	Baixa
Sub-bacias					
1	2,05	2,87	71,42	Margem direita	Alta
2	3,06	4,85	63,09	Margem direita	Alta
3	0,34	0,77	44,15	Margem esquerda	Baixa
4	2,80	3,48	80,45	Margem direita	Alta
5	3,02	4,29	70,39	Margem direita	Média
6	0,27	2,76	9,78	Margem esquerda	Alta
7	2,24	5,49	40,80	Margem esquerda	Baixa
8	5,07	8,79	57,67	Margem direita	Baixa
9	0,42	1,29	32,55	Margem esquerda	Média
10	1,06	3,08	34,41	Margem esquerda	Média
11	3,22	7,63	69,54	Margem direita	Média
12	1,75	2,77	63,17	Margem direita	Média

Elaboração própria.

**FIGURA 3** - Mapa das sub-bacias e seus graus de assimetria. Elaboração própria.

Nesse sentido, através de uma análise espacial entre os compartimentos geológicos (Figura 2) e o mapa de assimetria de bacias (Figura 3). Observamos uma forte correlação entre a localização dos canais fluviais e os limites das unidades geológicas. Os canais tendem a seguir o contato entre unidades com diferentes resistências à erosão, como o granodiorito do Batólito Serra dos Órgãos e o granito Andorinha. A presença da unidade de rochas alcalinas do Maciço do Tinguá, possivelmente mais suscetível à erosão, coincide com um vale retilíneo mais amplo, sugerindo a influência da geologia na formação do relevo.

Ao avaliar as correlações entre as feições morfotectônicas (Figura 4) com a geologia e assimetria de bacias da área observa-se uma correlação significativa entre as anomalias de 1ª ordem e a alta assimetria das sub-bacias. Além disso, o mapa de feições morfotectônicas evidenciam que as anomalias de 1ª ordem (linha vermelha) coincidem com um vale principal e com diversos *knickpoints* (círculos verdes), sugerindo que a atividade tectônica nessa área influenciou a formação do vale, criando desníveis e desvios bruscos no canal fluvial. A presença de vertentes abruptas nas bordas das unidades geológicas sugere a influência da tectônica na formação de declives íngremes, contribuindo para a assimetria. As áreas com baixa assimetria, por outro lado, localizam-se dentro da unidade granodiorítica, sugerindo que a resistência da rocha pode atenuar os efeitos da tectônica na morfologia fluvial.

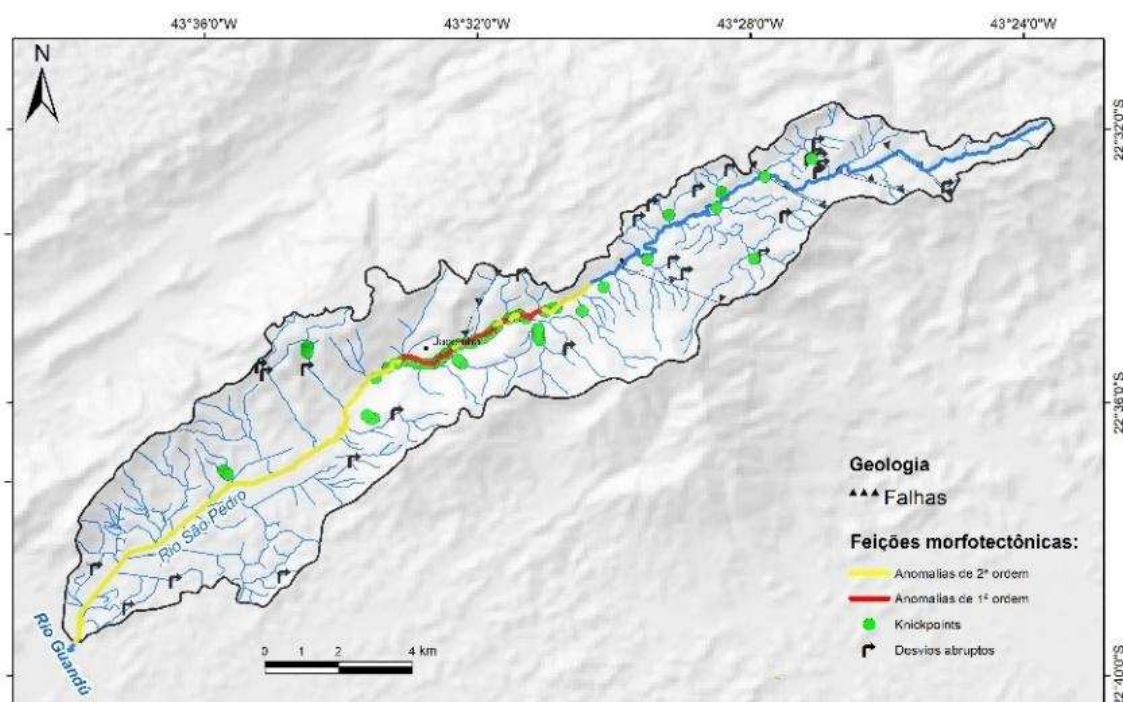


FIGURA 4 - Mapa das feições morfotectônicas. Elaboração própria.

A análise integrada especificamente do mapa geológico e de feições morfotectônicas revela uma interação complexa entre a geologia e a tectônica. Os principais resultados observados evidenciam que as anomalias de 2ª ordem (linhas amarelas) se sobrepõem ao limite entre a unidade Batólito Serra dos Órgãos e a unidade Granito Andorinha, indicando que a atividade tectônica pode ter influenciado a estrutura geológica, criando zonas de falhas e fraturas que facilitam a erosão diferencial. As anomalias de 1ª ordem (linhas vermelhas) coincidem com o vale principal, sugerindo que a subsidência tectônica pode ter contribuído para a formação do vale, o que se confirma pela presença de encostas íngremes nas bordas do vale, indicando a erosão diferencial em áreas mais frágeis, influenciadas pela tectônica.

O rio principal da bacia hidrográfica segue o contato entre a unidade Batólito Serra dos Órgãos (Granodiorito) e a unidade Granito Andorinha. Essa relação pode ser explicada pela diferença de resistência à erosão entre as duas unidades, com o granodiorito formando um relevo mais elevado e o granito, um relevo mais baixo, favorecendo o curso do rio ao longo da zona de contato. A formação

dessa zona de contato explica a elevação dos valores de anomalias de drenagem, assim como a magnitude das mesmas associados ao contexto dos granitóides (Figura 5).

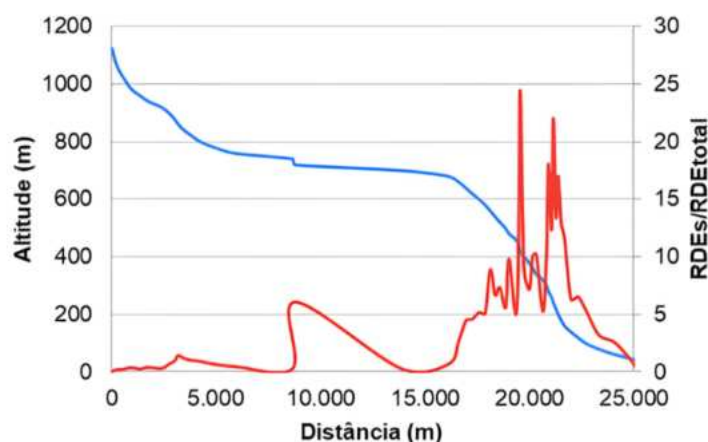


FIGURA 5 - Perfil longitudinal do canal principal do rio São Pedro. Elaboração própria.

A falha, que atravessa a unidade Granito Andorinha, parece direcionar o curso de um afluente do rio principal, formando um desvio brusco no seu trajeto. Isso indica que a falha atuou como um fator importante na formação da rede de drenagem, criando uma linha de fraqueza que influenciou a erosão e o desenvolvimento do canal fluvial. Nos granitóides, é observado a predominância das anomalias de primeira ordem e 65% dos desvios abruptos presentes na bacia. Entretanto, para o médio curso da bacia observa-se que as falhas representadas no mapa geológico coincidem com as anomalias de 1ª ordem no mapa de feições morfotectônicas. Isso sugere que nesse setor da bacia os *knickpoints* se formaram por uma reativação tectônica das falhas, o que resultou na formação de áreas de maior relevo e desníveis, como as anomalias de 1ª ordem, que estão registradas no perfil longitudinal.

Por fim, compreende-se que a bacia do rio São Pedro apresenta uma complexa interação de fatores geológicos, tectônicos e climáticos, que moldam a sua morfologia fluvial. A variação na assimetria das sub-bacias, a presença de anomalias de drenagem e a relação com a litologia local indicam a influência da tectônica e da geologia na formação da bacia, com a erosão diferencial e a presença de falhas atuando como agentes modeladores do relevo.

CONCLUSÕES

A análise do mapa geológico e da rede de drenagem revela a influência da geologia e da tectônica na formação da bacia hidrográfica. A distribuição de diferentes tipos de rochas e a presença de falhas influenciam o curso dos rios, moldando o padrão da rede de drenagem e as características do relevo. A geomorfologia fluvial oferece uma perspectiva importante para entender como esses fatores interagem e modelam a paisagem. Essa análise destaca a importância de integrar diferentes dados para entender a dinâmica de bacias hidrográficas.

Dessa forma, a utilização dos Modelos Digitais de Elevação, como base para o mapeamento e identificação das áreas de anomalias presentes no canal principal, se torna extremamente importante para o estudo, pois é possível obter importantes informações como o perfil longitudinal do canal principal e a topografia da bacia. A pesquisa evidencia a importância da utilizar diferentes metodologias e ferramentas para o estudo da dinâmica das bacias hidrográficas.

Conclui-se que o geoprocessamento e as técnicas de análise espacial permitiram averiguar influência da geologia e da tectônica na análise de bacias hidrográficas. As informações, obtidas por meio da

correlação espacial dos mapas, fornecem um arcabouço para estudos mais aprofundados sobre a dinâmica fluvial, a gestão de recursos hídricos e a avaliação de riscos, em áreas influenciadas por processos geológicos e tectônicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG/UFRRJ) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) à discente Letícia Ambrósio de Azevedo Moda, do curso de Geografia, no âmbito do projeto PVIG4454-2023, aprovado no Edital nº 006/2023 PROPPG/UFRRJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, C.R. Geological Analysis of the San Andreas Fault System. **Geological Society of America Bulletin**, v. 86, n. 11, p. 1505-1520, 1975.
- BISHOP, P. The influence of tectonic and lithologic controls on drainage patterns. **Geomorphology**, v. 14, n. 1-2, p. 1-18, 1995.
- BRICALLI, L.L. Procedimentos Metodológicos e Técnicas em Geomorfologia Tectônica. **Espaço aberto**, v. 6, n. 1, p. 75-110, 2016.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980.
- ETHEBEHERE, M.L.; SAAD, A.R.; FULFARO, V.J.; PERINOTTO, J.A.J. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão – RDE" na bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de Deformações Neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências**, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.
- FIRMINO, J. A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas e suas implicações para a gestão dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 3, p. 537-550, 2016.
- HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. *In: 1º Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozóica continental no sudeste brasileiro*. Belo Horizonte, Brasil, junho 1990, SGB, p. 1-31, 1990.
- HORTON, R.E. Erosional Development of Streams and their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- HOWARD, A.D. Drainage analysis in geomorphic studies. **Journal of Geology**, v. 75, n. 1, p. 101-119, 1967.
- HUTTON, J. **Theory of the Earth**: or an Investigation of the Laws Observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land Upon the Globe. Edinburgh: Cadell and Davies, 1788.
- JACKSON, J.A.; MCKENZIE, D.P. Active Tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between Western Turkey and Pakistan. **Geophysical Journal International**, v. 77, n. 1, p. 85-264, 1984.
- KELLEHER, J. A.; MCCANN, W. R. Seismicity and Plate Tectonics in the Eastern Mediterranean. **Journal of Geophysical Research**, v. 81, n. 32, p. 5461-5479, 1976.
- LYELL, C. **Principles of Geology**: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface by Reference to Causes Now in Operation. London: John Murray, 1830.
- PANDEY, A. Geomorphic analysis of drainage networks. **Journal of the Geological Society of India**, v. 57, n. 2, p. 123-136, 2001.
- SAADI, A. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1993.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H.D.; HASUI, Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 469-478, 2004.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

- SUGUIO, K. **Geomorfologia**: Uma atualização de conceitos e métodos. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003.
- TARBUCK, E.J.; LUTGENS, F.K. **Ciências da Terra**: Uma Introdução à Geologia. Porto Alegre: Editora Bookman, 2014.
- TRIFONOV, V.G. Neotectonics and Seismic Hazard in the Caucasus. **Tectonophysics**, v. 168, n. 1-2, p. 1-14, 1989.
- USGS (United States Geological Service). **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. 2000.
<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm>
- WILSON, J.T. Did the Atlantic Close and then Re-open? **Nature**, v. 211, n. 5047, p. 673-675, 1966.
- YEATS, R.S. Active Faulting in the Western United States. **Journal of Geophysical Research**, v. 87, B12, p. 10687-10701, 1982.

CAPÍTULO 51

AVALIAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM DO ALTO CURSO DO RIO GUAPIAÇU: ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DO USO E COBERTURA DA TERRA

Tatiane Louvis de Rezende¹
Paola Nogueira da Silva¹
Nicolle Nunes Santos¹
Rayane Marques Rodrigues Lima¹
Otávio Rocha Leão¹
Vinicius da Silva Seabra¹

1. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP).
Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005.
tatiannerezende@gmail.com; pnpaolanogueira@gmail.com; rayanerodrigueslimaa@gmail.com;
nicollenunes2n@gmail.com; orochaleao@hotmail.com; vinigeobr@yahoo.com.br.

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo realizar uma avaliação da rede de drenagem do alto curso do rio Guapiáçu, localizado no município de Cachoeiras de Macacu-RJ. Para o alcançar o objetivo, foram realizadas análises morfométricas e do uso e cobertura da terra. Como resultados, obteve-se a delimitação de 4 subsistemas (Córrego do Gato, rio Guapiáçu, rio São Miguel e rio Mariquita) e sua hierarquização fluvial, bem como seus parâmetros morfométricos e a quantificação do uso e cobertura da terra da área de estudo. Por meio destes procedimentos, foi possível compreender a dinâmica hidrológica da bacia, podendo concluir que os 4 subsistemas são de 4º ordem, compreendendo a área total de 80,46 km² e a extensão total da rede de canais de 324,79 km. E desses subsistemas, 3 possuem uma baixa densidade de drenagem. Além disso, de acordo com a análise de usos e cobertura da terra, observamos que a classe temática de 'floresta' abrange a maior parte da área estudada e que a área se encontra em bom estado de preservação.

Palavras-chave: morfometria; hierarquia fluvial; uso e cobertura.

ABSTRACT

The present research aims to carry out an assessment of the drainage network of the upper course of the Guapiáçu River, located in the municipality of Cachoeiras de Macacu-RJ. To achieve the objective, we sought to carry out morphometric analyzes and land use and cover. As results, the delimitation of 4 subsystems was obtained (Córrego do Gato, Guapiáçu river, São Miguel river and Mariquita river) and their river hierarchy, as well as their morphometric parameters and the quantification of land use and coverage in the study area. And through these procedures, it was possible to understand the hydrological dynamics of the basin, concluding that the 4 subsystems are of the 4th order, comprising a total area of 80.46 km² and the total length of the channel network is 324.79 km. And of these subsystems, 3 have a low drainage density. Furthermore, according to the analysis of land uses and coverage, we observed that the Forest thematic class covers most of the studied area, and that the area is in a good state of preservation.

Keywords: morphometry; river hierarchy; use and coverage.

INTRODUÇÃO

Os estudos referentes à morfometria das bacias hidrográficas são fundamentais para a compreensão e análise da dinâmica hidrológica, além de fornecer subsídios para o gerenciamento dos recursos naturais da área abrangida. Florenzano (2008) expõe que a morfometria se refere às características quantitativas do relevo, acerca das variáveis associadas a medidas de altura, comprimento, forma, declividade etc., variáveis que estão integradas aos estudos relacionados ao meio ambiente (FLORENZANO, 2008). Nesse sentido, a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas permite avaliar, a partir de suas características físicas, o ambiente e as paisagens que engloba.

A hierarquia fluvial é um parâmetro fundamental na análise morfométrica de bacias hidrográficas, pois permite ordenar os cursos d'água estabelecendo a hierarquia dos canais fluviais. Conforme Christofletti (1980), a hierarquia fluvial é um processo que estabelece a classificação dos cursos d'água, que pertencem à bacia hidrográfica em que se encontram.

Em 1952, Strahler introduz um sistema, onde os menores canais, sem tributários, são vistos como de primeira ordem, que se estendem da nascente até a confluência; os de segunda ordem, surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e recebem somente afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem do encontro de dois canais de segunda ordem e recebem afluentes de segunda e de primeira ordem; e assim, sucessivamente, eliminando o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda sua extensão, bem como a necessidade de refazer a numeração em cada confluência. (Christofletti, 1980)

Para além dos parâmetros morfométricos, o mapeamento do uso e cobertura da terra também é uma ferramenta fundamental para o auxílio de tomada de decisões, tendo em vista que o uso da terra "consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações" (Rosa, 2013, p. 128).

A escolha do alto curso do rio Guapiaçu, localizado no bairro do Guapiaçu, no município de Cachoeiras de Macacu, no estado do Rio de Janeiro, se justifica por estar inserido no interior da bacia Guapi-Macacu, responsável pelo abastecimento de água do município e demais áreas. Sendo assim, o estudo do uso da terra e o reconhecimento da rede de drenagem são de suma importância, a fim de compreendermos e gerenciarmos os recursos naturais, presentes no alto curso do Guapiaçu. Portanto, o objetivo da pesquisa é realizar uma avaliação da rede de drenagem do alto curso do rio Guapiaçu, por meio da análise morfométrica e do uso e cobertura da terra, para as quatro sub-bacias de 4º ordem que delimitam a área: Córrego do Gato, Guapiaçu, São Miguel e Mariquita (Figura 1).

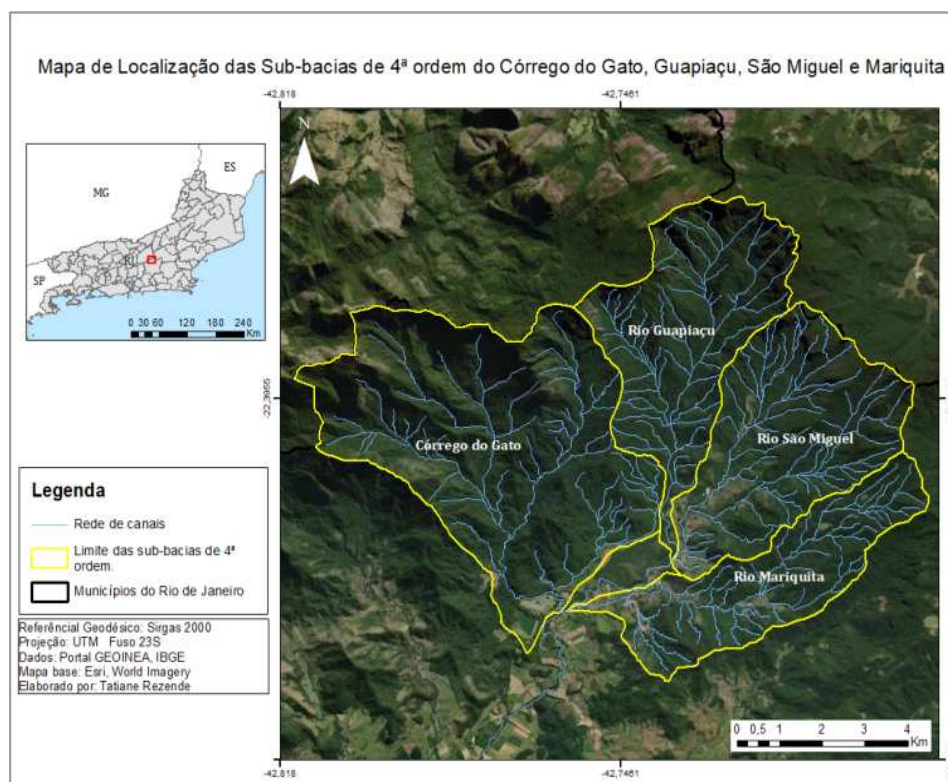


FIGURA 1 - Mapa de localização do alto curso do rio Guapiaçu. Elaboração própria.

METODOLOGIA

Nos dias 11 de abril, 30 de maio e 13 de junho de 2023, foram realizadas explorações na área do alto curso do rio Guapiaçu, com o intuito de coletar dados e observar diretamente as características da área de estudo. Para o alcance dos objetivos propostos no decorrer do artigo, pode-se dividir a metodologia em três etapas: delimitação dos 4 grandes subsistemas e classificação hierárquica; determinação de parâmetros morfométricos; e quantificação de uso e cobertura da terra.

A primeira etapa consistiu na delimitação da bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Guapiaçu, tendo sido realizada com auxílio do SIG ArcGIS (10.8.2), utilizando curvas de nível (1:25.000 do Portal GEOINEA) e dados armazenados em SIG. Em seguida, foi realizado o levantamento da hierarquia fluvial (Figura 2), a partir da classificação de Horton (1947) e Strahler (1957). Posteriormente, foi feita a delimitação das 4 sub-bacias com canais principais de 4º ordem. A partir da delimitação, extraíram-se as informações morfométricas da área.

A segunda etapa consistiu em uma análise morfométrica. Para isso, buscou-se determinar alguns parâmetros. Nessa etapa, para cada sub-bacia, obteve-se o cálculo de desnivelamento, a partir da diferença entre a cota maior, que consiste no ponto mais alto da sub-bacia, ou seja, seu divisor e cota menor (onde se localiza sua foz), utilizando a unidade metros. Também foi calculado o desnivelamento do canal principal, utilizando a cota maior, que consiste na nascente mais alta, e a cota menor, sua foz.

Em ambiente SIG, foi calculado o comprimento de cada sub-bacia e de seu canal principal, em quilômetros (km). Após, obteve-se o gradiente, que foi calculado através do desnivelamento, dividido pelo comprimento. Nesse sentido, foram gerados o gradiente da sub-bacia e o gradiente de seu canal principal. Também foi determinada a área de cada sub-bacia, bem como o comprimento de sua rede de drenagem. Por fim, relacionando o comprimento da rede de drenagem com a área total de cada sub-bacia, determinou-se a densidade de drenagem em km/km².

Na terceira etapa, a partir dos dados do MapBiomas, foi coletado o uso e cobertura da terra, em escala de 1:30.000, e, em ambiente SIG, foram feitos alguns ajustes. As classes temáticas escolhidas para representar a área de estudo correspondem a: Afloramento rochoso, Agropasto, Água e Áreas Urbanas. A classe afloramento rochoso representa a rocha exposta na superfície; a classe agropasto corresponde a áreas de agricultura, gramíneas e solo para cultivo; a classe água significa os corpos d'água, que no nosso mapeamento, representa basicamente a barragem da AMBEV; e as áreas urbanas representam as estruturas urbanas. Por fim, por meio das análises espaciais em SIG, obtivemos o cálculo de área e o percentual para cada classe temática do alto curso do Guapiaçu, bem como para cada sub-bacia.

RESULTADOS

Como resultados, foi realizada uma avaliação da rede de drenagem do alto curso do Rio Guapiaçu, através do levantamento dos parâmetros morfométricos e do uso e cobertura da terra. Nesse sentido, foram delimitadas 4 grandes sub-bacias, com rios principais de 4º ordem. Esses 4 grandes subsistemas foram classificados como Córrego do Gato, Rio Guapiaçu, Rio São Miguel e Rio Mariquita, que confluem e formam um rio de 5º ordem (Figura 2).

O alto curso do rio Guapiaçu apresenta uma área total de 80,46 km² e perímetro de 90,01 km (Tabela 1). Foram gerados parâmetros morfométricos para cada subsistema. Considerando, como principais parâmetros: área, desnivelamento; cota menor e maior, gradiente do canal principal e densidade total de drenagem.

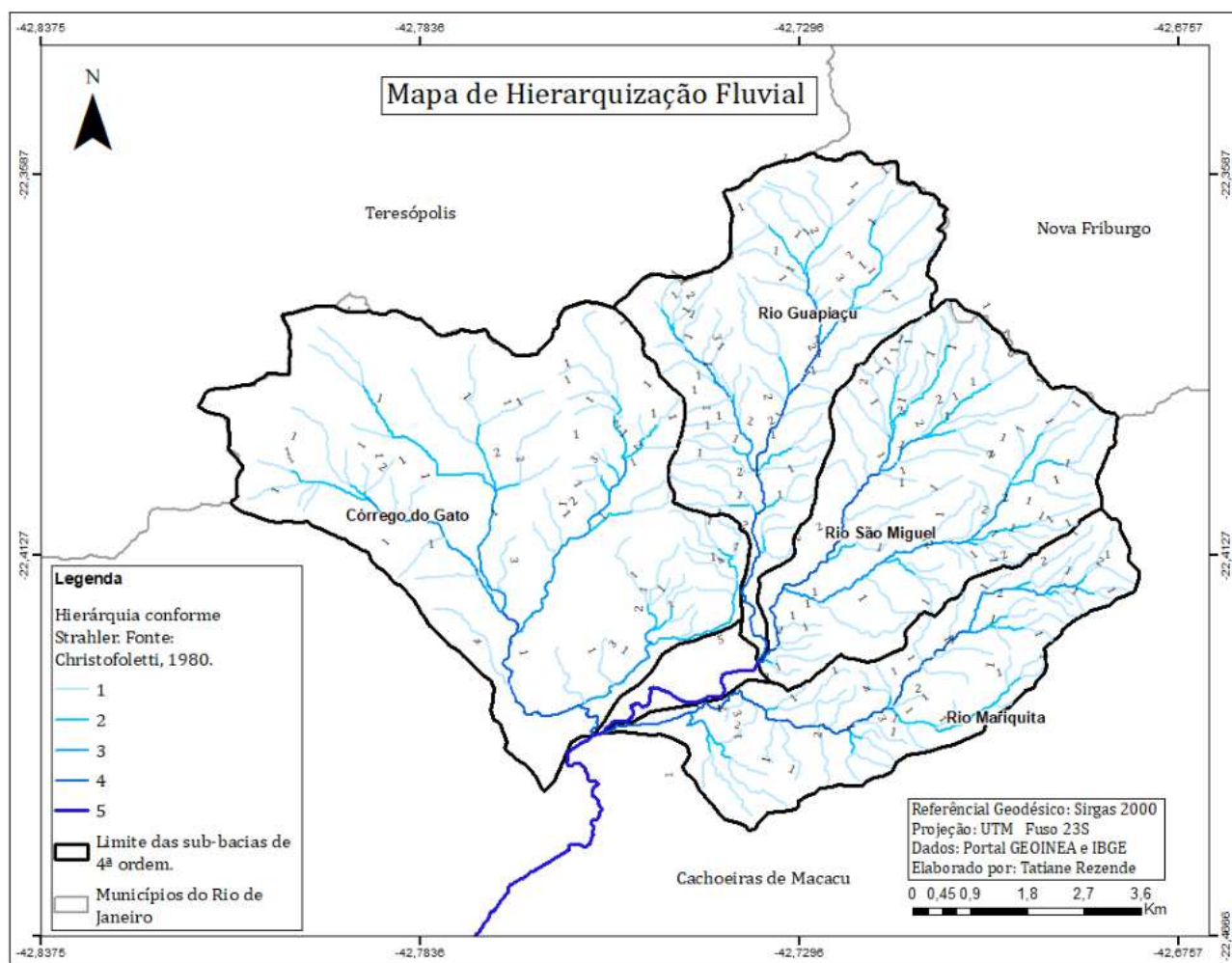


FIGURA 2 - Mapa de Hierarquização Fluvial das Sub-bacias de 4º ordem do Córrego do Gato, Rio Guapiaçu, Rio São Miguel e Rio Mariquita. Elaboração própria.

TABELA 1 - Dados gerais das sub-bacias.

Sub-bacia	Área (km²)	Perímetro (km)
Rio Mariquita	12,79	21,07
Rio Guapiaçu	17,14	22,78
Rio São Miguel	17,66	18,56
Córrego do Gato	32,93	27,06
Total	80,46	90,01

Elaboração própria.

Sendo assim, a sub-bacia do Córrego do Gato apresenta um desnivelamento de 2.010 metros, sendo a menor cota 30 metros e a maior cota 2.040 metros, cujo gradiente do canal principal é 0,69 e a densidade de drenagem é 2,20 km/km², que segundo Strahler (1960 *apud* Christofolletti 1979), equivale a uma drenagem de baixa densidade. Ressalta-se que, na sub-bacia do Córrego do Gato, das 58 nascentes, 41 abastecem a barragem da Ambev (Tabela 2).

TABELA 2 - Quantidade de rios por sub-bacia.

Ordem	Rio Mariquita	Rio Guapiaçu	Rio São Miguel	Córrego do Gato
1°	57	53	48	58
2°	11	13	13	13
3°	3	3	4	4
4°	1	1	1	1
Total por sub-bacia	72	70	66	76
Total de rios geral	284			
Total de nascentes	216			

Elaboração própria.

A sub-bacia do rio Guapiaçu apresenta um desnivelamento de 1.980 metros, no qual a maior e menor cota, são, respectivamente, 2.070 metros e 90 metros. O canal principal possui gradiente de 0,19 e a sub-bacia possui densidade de drenagem de 3,93 km/km². Para melhor compreensão, Strahler (1960 *apud* Christofoletti, 1979) estabeleceu três classes com os seguintes valores, representando a densidade de drenagem: menor que 7,5 baixa densidade; entre 7,5 e 10,0 média densidade; superior a 10,0 alta densidade. Assim sendo, o rio Guapiaçu também apresenta uma baixa densidade de drenagem.

Já na sub-bacia do rio São Miguel, a maior cota da bacia é 1.480 metros e a menor é 90 metros, resultando em um desnivelamento de 1.390 metros e apresenta, como gradiente do canal principal, 0,89, com densidade de drenagem de 4,77 km/km², sendo, portanto, classificada como baixa densidade de drenagem.

A sub-bacia do rio Mariquita apresenta um desnivelamento de 1.140 metros, onde a maior e menor cota da bacia é de 1.170 metros e 30 metros. Essa sub-bacia possui 0,04 de gradiente do canal principal, apresentando uma média densidade de drenagem de 7,92km/km².

Como resultados de uso e cobertura da terra, foram obtidas as áreas e percentuais de cada classe, conforme a Tabela 3. Dessa forma, o alto curso do rio Guapiaçu apresenta as classes de afloramento rochoso com área de 1,06 km², agropasto totalizando 4,16 km², água com 0,17 km², áreas urbanas 0,11 km² e floresta com total de 76,37 km².

TABELA 3 - Dados gerais de uso e cobertura das sub-bacias.

Classe Temática	Área (km ²)	%
Afloramento Rochoso	1,06	1,29
Agropasto	4,16	5,08
Água	0,17	0,20
Áreas Urbanas	0,11	0,13
Floresta	76,37	93,29
Total	81,87	100

Elaboração própria.

O mapeamento de uso e cobertura da terra (Figura 3) aponta a expressiva cobertura de florestas, possibilitando afirmar que a área apresenta preservação ambiental, isso acontece graças a presença das unidades de conservação (UC) do Parque Estadual Três Picos, APA da bacia do rio Macacu e Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA).

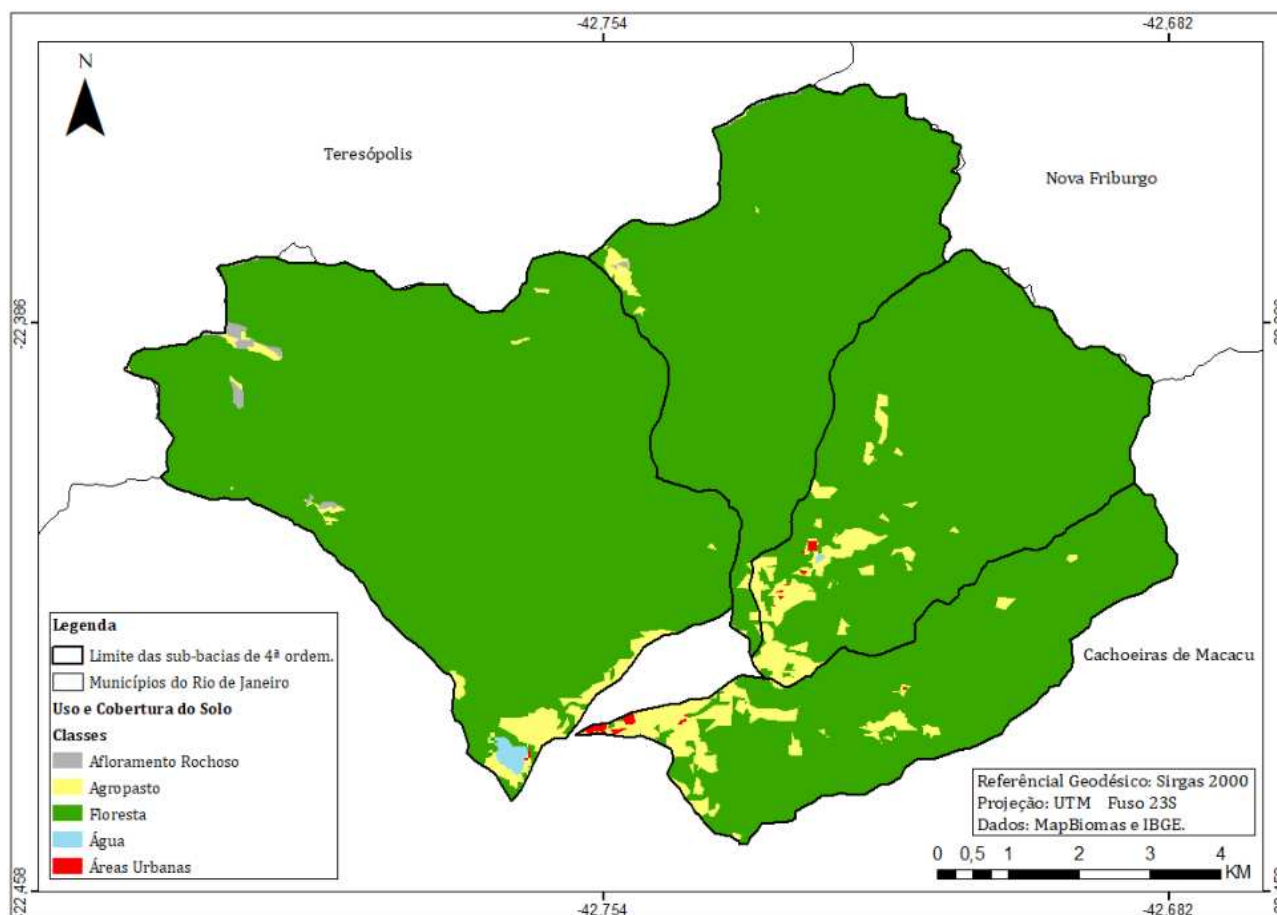


FIGURA 3 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra do alto curso do rio Guapiaçu. Elaboração própria.

Por meio dos resultados obtidos, foi possível concluir que a rede de drenagem do alto curso do Rio Guapiaçu, possui a extensão total da rede de canais em 324,79 km. E a análise feita indica uma grande variação nos valores dos parâmetros morfométricos das sub-bacias, podendo afirmar que, com exceção do rio Mariquita (média drenagem), os demais possuem uma baixa densidade de drenagem. Ainda, o mapeamento de uso e cobertura realizado, expõe que ocorre o predomínio de áreas caracterizadas como Floresta e maior inferioridade de áreas urbanas, o que indica que a área de estudo apresenta intensa preservação florestal quando analisada por sua área total. Por conseguinte, a análise dos parâmetros morfométricos e dos usos e cobertura da terra são importantes dentro dos estudos geoambientais, uma vez que disponibilizam informações que caracterizam o relevo e solo, a partir dos processos atuantes relacionados à rede de drenagem.

CONCLUSÕES

A classificação dos cursos d'água de Horton e Strahler se mostrou como uma metodologia eficiente, contribuindo para o avanço da pesquisa. A partir dessa classificação qualitativa, foram atribuídos valores para cada canal fluvial, permitindo visualizar as ramificações que a bacia do alto curso do rio Guapiaçu possui e estabelecer o maior valor como sendo de 4º ordem. Portanto, a classificação hierárquica possibilitou a reconstituição da rede de drenagem.

O cálculo dos parâmetros morfométricos apresenta um resultado preliminar das sub-bacias do alto curso do rio Guapiaçu, tornando possível desenvolver futuramente a caracterização de fenômenos presentes na rede de drenagem. Consequentemente, a metodologia contribui para os estudos geoambientais, oferecendo dados que descrevem e caracterizam o relevo das sub-bacias.

A quantificação do Uso e Cobertura da Terra se apresentou como uma metodologia eficiente, pois fornece dados significativos para gestão da área estudada. Dados esses que auxiliam na visualização de preservação ambiental.

Nesse sentido, a pesquisa serve como base para trabalhos futuros, onde se objetiva associar os parâmetros morfométricos com o uso e cobertura, a fim de desenvolver mais os resultados. Portanto, a avaliação feita pode contribuir para o planejamento ambiental, fornecendo subsídios para o gerenciamento dos recursos naturais da área abrangida. Ao reconhecer e mapear essa rede, pode-se identificar áreas para monitorar o solo e outros eventos relacionados à água e o relevo. Essas informações embasam a implementação de estratégias eficazes para proteger o ambiente e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais presentes na área abrangida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas**. UNESP, Campus de Rio Claro, 1979. 37p.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Uberlândia, 2013. 128p.

FLORENZANO, T. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

CAPÍTULO 52

AVALIAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS DO ARRIEIRO E SANTANA (TERESÓPOLIS, RJ) COM USO DO MAPBIOMAS

Iara Silveira do Nascimento^{1,2}

Maria Naíse de Oliveira Peixoto²

Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Núcleo de Estudos do Quaternário Tecnológico - NEQUAT. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco H, sala H1-003. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. iarasn.geo@gmail.com; marianaisepeixoto@gmail.com.

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco I, sala I-012. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. elizabethmfr@gmail.com.

RESUMO

Neste trabalho, são analisadas as transformações no uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos córregos do Arrieiro e Santana, em Teresópolis (RJ), para os anos de 2010 (anterior ao mega desastre na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro) e de 2022. Estas bacias hidrográficas integram a bacia do ribeirão Santa Rita, tributária direta do rio Paquequer, estando localizadas no 2º Distrito do município. A metodologia aplicada neste trabalho consistiu em atividades de campo e de gabinete, distribuídas em seis etapas de processamentos dos dados. Nas análises de uso e cobertura da terra, nas duas bacias, nos anos de 2010 e 2022, ao comparar o percentual as classes identificadas, temos: no córrego do Arrieiro, um pequeno aumento (0,03%) de Formação Florestal e Afloramento Rochoso (0,01%), bem como uma redução de 0,02% e 0,01% de Pastagem e Mosaico de Usos, respectivamente; e, no córrego Santana, temos um aumento de 0,05% de Formação Florestal e uma pequena redução de área nas classes de Pastagem (0,03%), Mosaico de Usos (0,02%) e Rio, Lago, Oceano (0,04%). O surgimento de uma área significativa (0,05%) de Afloramento Rochoso denota as transformações ocorridas no córrego Santana, pela erosão promovida pelas corridas de massa, produzindo exposições expressivas de leitos rochosos. Para se realizar uma gestão eficiente de recursos hídricos, os mapeamentos de uso e cobertura da terra devem ser periódicos, e os tipos de usos da água, identificados na bacia como silvicultura, pastagem e mosaico de usos, são atividades que demandam a outorga de uso da água, que vai interferir em sua disponibilidade.

Palavras-chave: uso e cobertura da terra; Córrego do Arrieiro; Córrego Santana; MapBiomias; Teresópolis.

ABSTRACT

This article is the result of a fieldwork activity carried out in Teresópolis/RJ, the objective is to analyze land use and coverage, provided by the MapBiomias platform, in the years 2010, the year before the mega-disaster in the Mountain Region of the State of Rio. January and the year 2022. These river basins are part of the Santa Rita river basin, a direct tributary of the Paquequer river, and are located in the 2nd District of the municipality. The methodology applied in this work consisted of field and office activities, distributed across six data processing stages. In the analyzes of land use and coverage, in the two basins, in the years 2010 and 2022. When comparing the percentage of the identified classes, we have: in the Arrieiro stream, a small increase (0.03%) in Forest Formation and Rock Outcrop (0.01%), as well as a reduction of 0.02% and 0.01% of Pasture and Use Mosaic, respectively and in the Santana stream, we have an increase of 0.05% of Forest Formation and a small reduction of area in the Pasture (0.03%), Mosaic of Uses (0.02%) and River, Lake, Ocean (0.04%) classes. The emergence of a significant area (0.05%) of Rocky Outcrop denotes the transformations that occurred in the Santana stream due to erosion promoted by mass flows, producing significant exposures of rocky beds. To carry out efficient management of water resources, mapping of land use and coverage must be periodic, and the types of water uses identified in the basin, such as forestry, pasture and mosaic of uses, are activities that require the granting of use of water resources. water, which will interfere with its availability.

Keywords: land use and coverage; Arrieiro stream; Santana stream MapBiomias Teresópolis.

INTRODUÇÃO

O uso e cobertura da terra é uma importante variável de análise na gestão dos recursos hídricos, pois interfere nas taxas de escoamento e infiltração e, portanto, na variabilidade dos volumes de água disponíveis para as diferentes atividades desenvolvidas nas bacias hidrográficas.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2006), os usos da água podem ser não consuntivos, aqueles que não afetam significativamente a quantidade da água disponível para utilização; ou consuntivos, aqueles que implicam na extração de volumes consideráveis de água do corpo hídrico, resultando na redução da disponibilidade hídrica. Os usos não consuntivos referem-se às atividades de hidroeletricidade, navegação, recreação e lazer, piscicultura e aquicultura, os quais, apesar de não afetarem a disponibilidade quantitativa da água, podem ter efeitos sobre a qualidade e/ou sobre o regime de vazões dos mananciais. Os usos consuntivos referem-se aos usos urbano (doméstico e público), rural (comunidades), agropecuário (irrigação e dessedentação animal) e industrial, sendo de particular interesse para a gestão hídrica, por envolverem o consumo da água disponível para os diversos usos e usuários.

Conforme definido na Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997) e na Política Estadual de Recursos Hídricos (Rio de Janeiro, 1999), a bacia hidrográfica é a unidade territorial básica de gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos, demandando, deste modo, informações, não apenas sobre os usos consuntivos e não consuntivos, como também acerca das características e mudanças no uso e cobertura da terra. O mapeamento de uso e cobertura da terra é realizado com base na interpretação de imagens de sensoriamento remoto, detectando e quantificando, periodicamente, as alterações na dinâmica das formas de ocupação e de organização do espaço geográfico (IBGE, 2023).

Considerando a importância destas análises, também no contexto das bacias hidrográficas impactadas por eventos climáticos extremos, temos, como objetivo deste trabalho, a realização de uma avaliação sobre o uso e cobertura da terra, disponibilizado pelo MapBiomas, Coleção 8, para os anos de 2010 e 2022, nas bacias hidrográficas dos córregos do Arrieiro e Santana, localizadas no município de Teresópolis (RJ), as quais foram severamente afetadas pelo mega desastre ocorrido na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, em janeiro de 2011, a fim de verificar possíveis alterações na distribuição das classes de uso e cobertura da terra, adotadas pelo MapBiomas. A escolha do ano de 2010, portanto, visa identificar a situação anterior ao mega desastre. A pesquisa contou com análises *in loco*, realizadas em outubro de 2023.

Área de Estudo

A área de estudo abarca as bacias dos córregos do Arrieiro e Santana (Figura 1), tributários do Ribeirão Santa Rita e localizados no 2º Distrito do município de Teresópolis, no Estado do Rio de Janeiro.

O Ribeirão Santa Rita é um dos afluentes do rio Paquequer, contribuinte da bacia do rio Piabanha, que integra a Região Hidrográfica do Piabanha (RH-IV), a qual abarca, em sua totalidade, os municípios de Areal, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Carmo e Sapucaia e, em parte, os municípios de Petrópolis, Paraíba do Sul, Três Rios e Paty do Alferes (AGEVAP, 2021). A RH-IV abrange os tributários da margem direita do curso médio-inferior do rio Paraíba do Sul e as sub-bacias dos rios Paquequer e Preto.

As bacias hidrográficas dos córregos do Arrieiro e Santana estão inseridas no Bioma da Mata Atlântica e possuem áreas 15,17 Km² e 7,56 Km², respectivamente. O córrego Santana é tributário do córrego do Arrieiro. Segundo Cinelli (2015), a bacia do Córrego do Arrieiro, por apresentar-se pouco ocupada por edificações, em quase a totalidade de sua área, tem grande parte de suas condições hidrológicas preservadas ou com potencial de restauração.

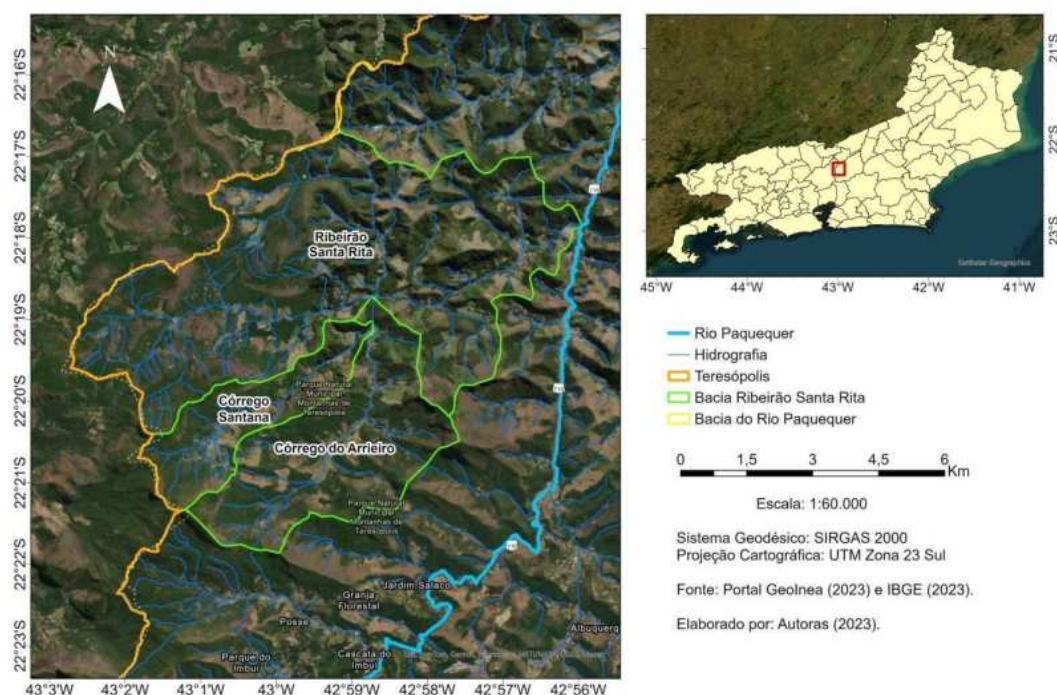


FIGURA 1 - Mapa de localização das bacias hidrográficas dos córregos do Arrieiro e Santana na bacia do Ribeirão Santa Rita, 2º Distrito do município de Teresópolis (RJ). Elaboração própria.

MÉTODOS

A metodologia aplicada consistiu em atividades de campo e de gabinete, distribuídas em seis etapas de processamento dos dados (Figura 2), descritas a seguir.

Destacamos que, a partir de observações realizadas durante trabalhos de campo, em outubro de 2023, em que identificamos a presença de várias cicatrizes de movimentos gravitacionais de massa e alterações nos canais fluviais, já documentadas por Casimiro (2016), bem como novos empreendimentos imobiliários e novas ações do Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis (PNMMT), consideramos a necessidade de realizar uma análise comparativa do uso e cobertura da terra nas bacias dos córregos do Arrieiro e Santana. As informações geográficas utilizadas em atividades pré-campo e pós-campo foram obtidas no Portal Geolnea (2023), no IBGE (2023), no Comitê Piabanha (2023) e no MapBiomias (2010; 2022).

Etapas 1 - Aquisição de dados de uso e cobertura da Terra do MapBiomias, nos anos de 2010 e 2022.

Os dados de uso e cobertura da terra foram baixados do MapBiomias. A temporalidade dos dados das coleções do MapBiomias vai de 1985 a 2022. Optou-se por utilizar os dados da Coleção 8, dos anos de 2010 e 2022. Os dados são disponibilizados para todo o Brasil, em formato *raster*.

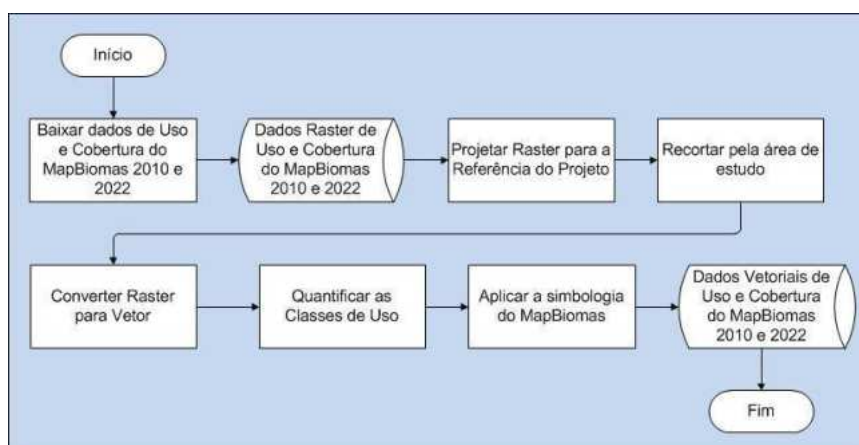


FIGURA 2 - Fluxograma das etapas de processamento dos dados. Elaboração própria.

Etapa 2 - Projetar os dados *raster* para a referência espacial do projeto.

Os dados do MapBiomas são fornecidos com a referência geodésica WGS-84. Por isso, foi necessário reprojeter os dados com a rotina de geoprocessamento *Project Raster* (projetar *raster*), para o sistema de referência geodésico do projeto, SIRGAS 2000, e projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 23 Sul.

Etapa 3 - Recortar os dados *raster* pela área de estudo.

Para recortar os dados *raster* para a área de estudo, foi necessário realizar a geração de dados geográficos, tais como a Bacia Hidrográfica do Rio Paquequer e suas sub-bacias, situando a do ribeirão Santa Rita e, dentro dela, a dos córregos do Arrieiro e Santana. Estas, foram delimitadas, com base nas curvas de nível em escala 1:25.000, baixadas do Portal Geolnea; e na identificação dos diferentes segmentos geométricos de encostas, empregados no traçado das linhas divisoras de águas no ambiente do ArcGIS Pro 3.2.2, para serem utilizadas como máscara.

Realizou-se então o recorte dos dados do MapBiomas, por meio da rotina *Extract by Mask* (extrair por máscara), pelas seguintes camadas: Município de Teresópolis, Limite da bacia principal e das sub-bacias mencionadas. Assim, gerou-se o uso e cobertura da terra de cada camada, ou seja, uso e cobertura de Teresópolis, da bacia do rio Paquequer, e das bacias do córrego do Arrieiro e Santana. Os dados recortados foram salvos no formato *raster* com a extensão TIFF.

Etapa 4: Converter os dados *raster* para vetor.

Optou-se por finalizar as análises com os dados vetoriais, sendo necessário converter os dados *raster* para vetor, através da rotina *Raster to Polygon* (*raster* para polígono), salvando-o no formato de classe de feição que é armazenada em um arquivo de geodatabase (*File geodatabase*).

Após a conversão de formato, para reduzir o tamanho da tabela de atributos, em função do volume de polígonos gerados, houve a união de polígonos de mesma classe de uso e cobertura da terra, por meio da rotina *Dissolve* (dissolver). Em seguida, realizou-se a união dos atributos da classe de feição com uma tabela do Excel, que possui a descrição das classes de uso, geradas pelo MapBiomas. Essa união foi realizada com a rotina *Join* (juntar). Esta prática de unificar tabelas permite que as classes de uso sejam simbolizadas categoricamente.

Etapa 5 - Quantificar as classes de uso e cobertura da terra da área de estudo.

Para quantificar as classes, ou seja, verificar qual é a proporção de área de cada classe de uso e cobertura da terra nas áreas de estudo, é necessário incluir o atributo Área, calculado em quilômetros quadrados.

O cálculo de área é um dos tipos de cálculo geométrico, realizado a partir da tabela de atributos ou com uso da rotina *Calculate Geometry Attributes* (calcular geometria). Os cálculos geométricos foram realizados no ArcGIS Pro. A tabela de atributos foi exportada para Excel, com o recurso *Table to Excel* (Tabela para Excel), que pode gerar a tabela exportada nos formatos xls ouxlsx.

Etapa 6 - Aplicar a simbologia proposta pelo MapBiomias.

Optou-se por utilizar a simbologia definida pelo MapBiomias para as classes de uso e cobertura da terra de cada área. As classes foram definidas e descritas pelo MapBiomias, para a Coleção 8 e o Bioma Mata Atlântica, sendo as classes comuns às datas de 2010 e 2022 (Quadro 1).

QUADRO 1 - Descrição das classes para Mata Atlântica, segundo MapBiomias, Coleção 8.

Código	Classes de Uso	Descrição das Classes da Coleção 8
3	Formação Florestal	Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea.
9	Silvicultura	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
15	Pastagem	Áreas de pastagem predominantemente plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural, por sua vez, são predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo.
21	Mosaico de Usos	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
24	Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
25	Outras Áreas não Vegetadas	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
29	Afloramento Rochoso	Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupícola e alta declividade.
33	Rio, Lago, Oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Elaboração própria, a partir de MapBiomias (2010; 2022).

RESULTADOS

A quantificação das áreas de uso e cobertura da terra nas bacias dos córregos do Arrieiro e Santana, nos anos de 2010 e 2022, apresentadas na Tabela 1, permitiu identificar algumas alterações relevantes no período considerado.

TABELA 1 - Uso e cobertura da terra dos córregos Arrieiro e Santana, em 2010 e 2022.

Código – Classe de Uso do MapBiomas	Córrego do Arrieiro				Córrego Santana			
	2010		2022		2010		2022	
	Área (Km²)	% Área	Área (Km²)	% Área	Área (Km²)	% Área	Área (Km²)	% Área
3 - Formação Florestal	8,27	0,55	8,75	0,58	3,79	0,50	4,14	0,55
9 - Silvicultura		0,00	0,06	0,00		0,00		0,00
15 - Pastagem	2,80	0,18	2,36	0,16	1,42	0,19	1,23	0,16
21 - Mosaico de Usos	3,40	0,22	3,21	0,21	2,00	0,26	1,79	0,24
24 - Área Urbanizada		0,00	0,01	0,00		0,00		0,00
25 - Outras Áreas não Vegetadas		0,00	0,01	0,00		0,00		0,00
29 - Afloramento Rochoso	0,68	0,04	0,75	0,05		0,00	0,39	0,05
33 - Rio, Lago, Oceano	0,02	0,00	0,02	0,00	0,35	0,05	0,01	0,00
Total de Área (Km²)	15,17	1,00	15,17	1,00	7,56	1,00	7,56	1,00

Elaboração própria, a partir de MapBiomas (2010; 2022).

Ao analisar os anos de 2010 e 2022, dos córregos do Arrieiro e Santana, podemos observar que, no córrego do Arrieiro, no ano de 2010 (Figura 3), foram identificadas apenas as classes de uso: Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Usos, Afloramento Rochoso e Rio, Lago, Oceano. No ano de 2022 (Figura 4), foram identificadas, além destas, as classes de Silvicultura (0,06 km²), Área Urbanizada e Outras Áreas não Vegetadas com a mesma área de 0,01km².

Ao comparar os quantitativos de área no córrego do Arrieiro, temos um pequeno aumento (0,03%) de Formação Florestal, bem como uma redução de 0,02% e 0,01% de Pastagem e Mosaico de Usos, respectivamente, que podem estar associados à atuação do Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis (PNMMT). Por outro lado, observamos um aumento de aproximadamente 0,01% de Afloramento Rochoso, que deve estar associado à geração das cicatrizes de deslizamentos de encostas. As classes Silvicultura, Área Urbanizada e Outras Áreas não Vegetadas, que somente aparecem na classificação de 2022, indicam, por sua vez, a recente instalação de novos loteamentos nesta bacia hidrográfica.

No córrego Santana, no ano de 2010 (Figura 5), foram identificadas apenas as classes de uso: Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Usos e Rio, Lago, Oceano; sendo que, no ano de 2022 (Figura 6), foram identificadas, além destas, a classe Afloramento Rochoso. No quantitativo de área, temos um aumento de 0,05% de Formação Florestal e uma pequena redução de área nas classes de Pastagem (0,03%), Mosaico de Usos (0,02%) e Rio, Lago, Oceano (0,04%). O surgimento de uma área significativa (0,05%) de Afloramento Rochoso denota as transformações ocorridas no córrego Santana, devido à erosão promovida pelas corridas de massa, com exposições de leitos rochosos.

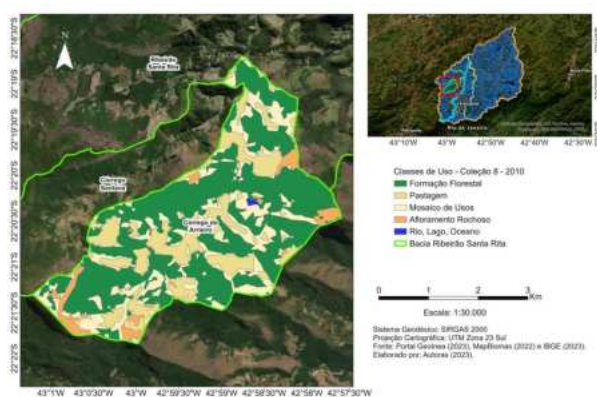


FIGURA 3 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Córrego do Arrieiro em 2010. Elaboração própria.

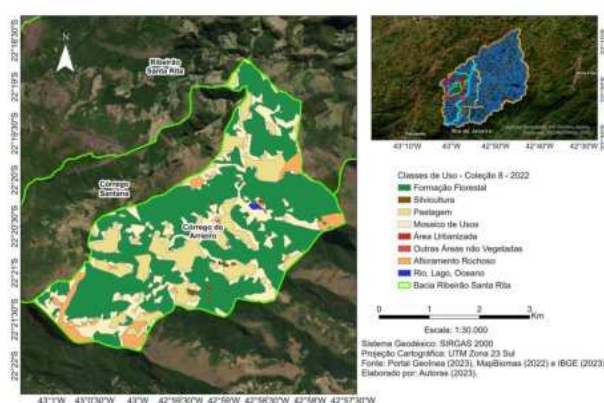


FIGURA 4 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Córrego do Arrieiro em 2022. Elaboração própria.

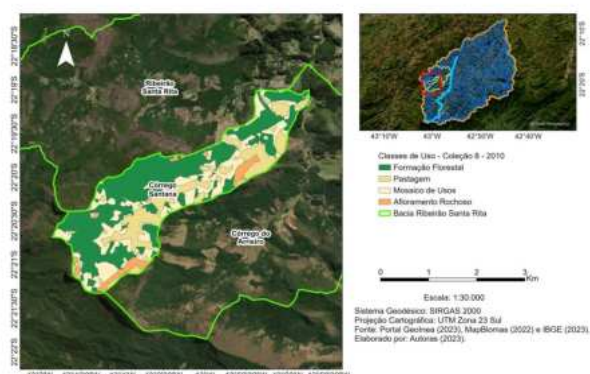


FIGURA 5 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Córrego Santana em 2010. Elaboração própria.

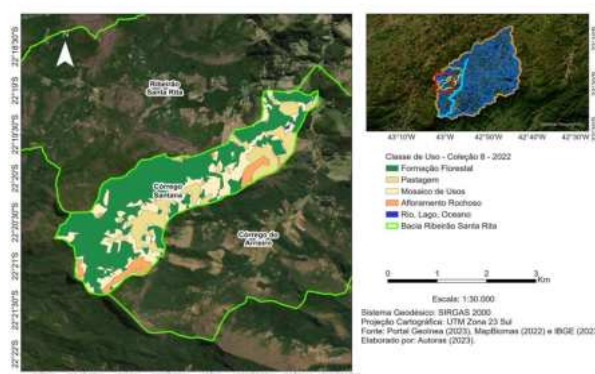


FIGURA 6 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Córrego Santana em 2022. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Ao analisar o uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do córrego do Arrieiro e do córrego do Santana, podemos identificar, primeiramente, o aumento das classes de uso e cobertura da terra, após o mega desastre ocorrido em janeiro de 2011. As classes que ocupam maiores áreas são Formação Florestal, Mosaico de Usos e Pastagem, nesta ordem.

Em 2022, as bacias têm classificação de uso e cobertura da terra diferenciada, observando-se que, no córrego do Arrieiro, temos a identificação de uma nova atividade de uso, como a Silvicultura, vista em algumas poucas áreas, durante o trabalho de campo realizado em outubro de 2023. As classes Área Urbanizada e Outras Áreas não Vegetadas são muito pequenas em extensão e somente aparecem nesta bacia.

No córrego Santana, identificamos a geração de uma área importante de Afloramento Rochoso, pelo mega desastre, quando as corridas de detritos removeram coberturas sedimentares, formando ou ampliando os trechos de canais rochosos. Não foram identificadas áreas de Silvicultura, Área Urbanizada e Outras Áreas não Vegetada nesta bacia, que se mostra menos afetada pela expansão imobiliária, recente em terrenos da bacia vizinha. Em ambas as bacias, os núcleos populacionais ainda são pequenos.

Para se realizar uma gestão eficiente de recursos hídricos, os mapeamentos de uso e cobertura da terra devem ser periódicos, além disso, os usos definidos como silvicultura, pastagem e mosaico de usos, são atividades que demandam a outorga de uso da água, que vai interferir em sua disponibilidade.

Outras análises serão feitas em trabalhos futuros, como a detecção de mudanças de uso e cobertura da terra, análises geomorfológicas, não só nestas sub-bacias, como em toda a bacia do rio Paquequer, com a finalidade de auxiliar os gestores nas tomadas de decisão, considerando a disponibilidade e demanda hídricas, no processo de gestão de recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela Bolsa de Pós-Doutorado Júnior; e à FAPERJ - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Processo SEI 260003/014850/2023, pelo financiamento do projeto “Estimativa de demanda e disponibilidade hídrica utilizando Inteligência Artificial e plataformas WebGIS - suporte à gestão de recursos hídricos e abastecimento populacional”. Ao Projeto de Extensão da Universidade Federal do Rio de Janeiro, “Águas no Planejamento Municipal: discutindo a Educação Ambiental na Gestão de Bacias Hidrográficas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEVAP (Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul). **Plano de Bacias da Região Hidrográfica do rio Piabanha e Sub-bacia Hidrográfica dos rios Paquequer e Preto**. 2021. https://sigaaguas.org.br:8000/storage/603/64de4d64b3b13_PFO5-Consolida%C3%A7%C3%A3o-do-Plano-de-Bacia-Hidrogr%C3%A1fica_PBH-Pi.pdf
- ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Plano Nacional de Recursos Hídricos: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**. v. 1. Brasília, DF: MMA, 2006. 208p.
- BRASIL. **Lei Federal n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997**. Brasília, DF, D.O.U., 09/01/1997. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm
- CASIMIRO, P.H.M. **Estilos de Rio e Conectividade na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Teresópolis (RJ)**. 2016. 190f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.
- CINELLI, W.S. Diretrizes para um plano paisagístico para o Córrego do Arrieiro, Teresópolis/RJ. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Monitoramento do Uso e Cobertura da Terra**. 2023. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?=&t=o-que-e>
- PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil de 2010**. https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection_8/lclu/coverage/brasil_coverage_2010.tif
- PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil de 2022**. https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection_8/lclu/coverage/brasil_coverage_2022.tif
- RIO DE JANEIRO. **Lei Estadual n. 3.232, de 02 de agosto de 1999**. Rio de Janeiro, RJ, D.O.E., 04/08/1999. <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/43fd110fc03f0e6c032567c30072625b>

CAPÍTULO 53

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE INCÊNDIO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO DOS ANOS 2000 ATÉ 2022

Aretha Rodrigues Eufrásio de Freitas^{1,1}

Paula Maria Moura de Almeida^{1,2}

Daniel Medina Correa dos Santos³

1. Universidade Federal Fluminense - UFF. Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo. Rua Passo da Pátria, 152-470. São Domingos. Niterói. RJ. Brasil. CEP: 24210-240. arethar@id.uff.br; paulamoura@id.uff.br.

2. Universidade Federal Fluminense - UFF. Grupo de Pesquisa em Geoinformação e Dinâmicas Ambientais – GIDA. Rua Passo da Pátria, 152-470. São Domingos. Niterói. RJ. Brasil. CEP: 24210-240.

3. Instituto Marinho para o Equilíbrio Sócio-Ambiental. Instituto Marés. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. danielmcs@gmail.com.

RESUMO

Os incêndios florestais têm se tornado uma preocupação mundial, eles representam uma ameaça significativa à conservação da diversidade biológica. Os eventos podem ocorrer de forma natural ou através do uso inadequado e sem controle do fogo, levando à propagação descontrolada das chamas, trazendo prejuízos sociais, econômicos e ambientais. No Brasil, os efeitos do fogo tem afetado drasticamente áreas de grande importância ecológica, como o bioma Mata Atlântica, região que abrange a nossa área de estudo. A Mata Atlântica sofreu grande processo de exploração desde o período colonial, tornando este bioma um *hotspot* de conservação mundial, devido ao seu alto índice de endemismo e ameaça de extinção. No Brasil, os focos de incêndio são monitorados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e disponibilizados em seu Banco de dados de Queimadas. Assim, o objetivo deste trabalho foi utilizar os dados disponibilizados pelo INPE, com a finalidade de analisar e compreender a dinâmica dos focos, dentro do estado do Rio de Janeiro, no período de duas décadas, considerando fatores específicos, como focos por município, época do ano mais afetada e tipo de vegetação atingida. Os resultados obtidos revelaram que, aproximadamente, 107.560 focos foram detectados; no período de 2000 até 2022, os focos se distribuíram de forma variada, tendo uma concentração mais elevada nas regiões Norte Fluminense e Metropolitana, sobretudo, nos meses de agosto e setembro. Verificou-se também que os anos de 2014 e 2019 registaram as maiores ocorrências, no período analisado, podendo estar associadas a eventos climáticos mais intensos. Além disso, foi possível observar que todas as fitofisionomias foram afetadas, no entanto, a Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa foram as mais atingidas.

Palavras-chaves: incêndios; sensoriamento remoto; Mata Atlântica.

ABSTRACT

Forest fires have become a global concern and represent a significant threat to the conservation of biological diversity. Events can occur naturally or through inappropriate and uncontrolled use of fire, leading to the uncontrolled spread of flames, causing social, economic and environmental losses. In Brazil, the effects of fire have drastically affected areas of great ecological importance, such as the Atlantic Forest biome, a region that covers our study area. The Atlantic Forest has undergone a major process of exploitation since the colonial period, making this biome a global conservation hotspot due to its high rate of endemism and threat of extinction. In Brazil, fire outbreaks are monitored by the National Institute for Space Research (INPE) and made available in its Fire Database. Therefore, the objective of this work was to use the data made available by INPE with the purpose of analyzing and understanding the dynamics of outbreaks within the state of Rio de Janeiro over a period of two decades, considering factors such as outbreaks by municipality, time of year most affected and type of vegetation affected. The results obtained revealed that approximately 107,560 outbreaks were detected within the period from 2000 to 2022, the outbreaks were distributed in a varied way, with a higher concentration in the North Fluminense and Metropolitan regions, especially in the months of August and September. It was also found that the years 2014 and 2019 recorded the highest occurrences in the period analyzed, which may be associated with more intense weather events. Furthermore, it was possible to observe that all phytophysognomies were affected, however, the Semideciduous Seasonal Forest and Dense Ombrophylous Forest were the most affected.

Keywords: fire; remote sensing; Atlantic Forest.

INTRODUÇÃO

O fogo é considerado uma das principais fontes de energia natural dominada pelo homem, tratando-se de uma reação físico-química fundamental para a existência e manutenção dos processos ecológicos em diversos ecossistemas (Ramalho *et al.*, 2023). Ao introduzir o uso do fogo em diversas atividades antrópicas o homem tem alterado de forma significativa o regime natural do fogo (Frejavilli; Curt, 2017), que tem sido considerado um dos principais fatores de perturbação e ameaça à conservação da diversidade biológica e de importantes processos ecológicos em vários ecossistemas (Soares; Santos, 2002).

A propagação do fogo de forma descontrolada pode resultar em incêndios florestais, que ocorrem tanto em áreas naturais ou agrícolas. Além de causarem impactos negativos em vários ecossistemas, eles contribuem com a emissão de gases do efeito estufa, que afetam a saúde humana e o clima global (Oliveira-Júnior *et al.*, 2021). Segundo Pausas (2014), os incêndios podem ser classificados quanto à sua forma de propagação e local atingido. Para o autor, “fogo de superfície” corresponde ao tipo de incêndio que se propagam pela camada herbácea ou serrapilheira, podendo ocorrer, tanto em ecossistemas abertos ou florestas fechadas; já os classificados como “coroa de fogo”, se propagam pela copa das árvores consumindo o material lenhoso, ocorrendo apenas em ecossistemas com predominância de madeira.

É importante destacarmos que, para o sucesso no combate e prevenção dos incêndios florestais, é fundamental que haja a implementação de medidas e estratégias de controle. Por essa razão, é indispensável conhecer o perfil dos incêndios, verificando o local da ocorrência, a frequência e o que pode estar provocando os eventos, além de considerar as características do tipo de vegetação atingida, a quantidade de superfície queimada e a duração (Soares; Santos, 2002).

No entanto, o combate e a prevenção dos incêndios florestais podem enfrentar alguns desafios, pois, como afirma Canzian *et al.* (2020), as condições meteorológicas, como as elevadas temperaturas, os baixos volumes de precipitação e a baixa umidade, são agentes que podem influenciar na origem dos incêndios. Todos esses fatores somados à disponibilidade de material combustível facilitam a propagação do fogo, resultando em um mega incêndio, que pode ocorrer como um evento isolado ou se propagar como um acúmulo de vários eventos de incêndios, tornando-os difíceis de extinguir (Fidellis *et al.*, 2018).

Os incêndios florestais afetam também áreas legalmente protegidas e têm sido provocados, principalmente, por atividades antrópicas, com o uso inadequado e sem autorização, por moradores nas redondezas ou do interior, para a limpeza de terrenos (Aximoff; Rodrigues, 2011). Segundo Vallejo (2010), muitos destes eventos, ocorridos em áreas prioritárias de conservação, se originam de maneira acidental.

Ao discutirmos sobre a temática dos incêndios florestais, é de grande relevância entendermos que cada ecossistema se comporta de maneira distinta na presença do fogo, pois, cada ambiente tem suas particularidades de estrutura e funcionamento (Ramalho *et al.*, 2023). Sendo assim, alguns dos impactos provocados pelos incêndios são dependentes da capacidade evolutiva de cada ecossistema, diante desses eventos (Pivelo *et al.*, 2021). De todo modo, o constante aumento na incidência dos incêndios florestais pode provocar alterações estruturais na vegetação, levando a um processo de savanização (Sansevero *et al.*, 2020). Por todo o exposto, o fogo é considerado um dos principais agentes modeladores da paisagem (Bailão, 2023).

Diante de uma situação global, onde inúmeros fatores de perturbação influenciam os sistemas terrestres, aquáticos e atmosféricos (Lentile *et al.*, 2006), torna-se necessário estabelecer medidas de conservação (Lima; Crouzeilles; Vieira, 2020).

Nas últimas décadas, os sistemas de informação geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto (SR) tornaram-se essenciais para o monitoramento dos recursos naturais, utilizando imagens de satélite e permitindo uma compreensão mais ampla das mudanças que ocorrem na dinâmica da paisagem, no

meio social e no uso do território (Silva; Anjos, 2021). O SR tem contribuído de forma significativa no mapeamento e na prevenção dos efeitos ecológicos do fogo, pois ele permite caracterizar efeitos, durante o processo de queima e no pós-incêndio (Lentile *et al.*, 2006).

Desde 1985, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) monitora os incêndios no território nacional, disponibilizando informações diárias, georreferenciadas, sobre os focos de calor registrados na superfície terrestre, através do Banco de dados de Queimadas (BD Queimadas). Para o monitoramento dos focos de calor, o INPE utiliza as imagens de satélites com órbita polar NOAA, TERRA, METOP, NPP e o satélite AQUA, cujos dados são utilizados como referência para construir a série histórica dos focos registrados, além das imagens dos satélites geoestacionários GOES e MSG (INPE, 2024).

Com o objetivo de produzir informações relevantes sobre a temática apresentada, este trabalho teve, como principal objetivo, analisar a dinâmica espaço-temporal dos focos de calor, ocorridos dentro do estado do Rio de Janeiro, a partir dos dados do BD Queimadas, verificando quais as regiões mais atingidas, entre os anos de 2000 até 2022, e os possíveis padrões de ocorrência desses focos.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estado do Rio de Janeiro localiza-se na região Sudeste do Brasil, possui área aproximada de 43.750,43 Km² (Freitas *et al.*, 2020), fazendo divisa com os estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo (Freitas *et al.*, 2020). O estado encontra-se totalmente inserido dentro do bioma Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2020). A vegetação nativa é composta por diferentes tipos de sistemas florestais, como a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Florestas Estacionais Semidecíduas e Deciduais. Também possui ecossistemas associados, como os manguezais e os campos de altitude (IBGE, 2012). Os principais usos do seu território estão entre o estabelecimento de áreas urbanas, áreas de cultivo e, predominantemente, as áreas de pastagens (Cruz *et al.*, 2009; IBGE, 2016).

Aquisição dos dados

Os dados com os focos de calor foram obtidos através do banco de dados BD Queimadas, disponibilizados pelo CPTEC/INPE, o qual realiza o monitoramento dos focos de queimadas, por meio de sensoriamento remoto. Foram baixados os dados pontuais, registrados pelos satélites polares NOAA, TERRA, METOP, NPP e o satélite de referência AQUA; e dos satélites geoestacionários GOES e MSG. As bases cartográficas dos limites estaduais e municipais foram adquiridas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e as camadas vetoriais com os tipos de vegetação que ocorrem no estado foram obtidas na plataforma TerraBrasilis.

Método

Após organizar as séries temporais com os focos de calor, foi analisada a dinâmica espaço-temporal dos focos de incêndio, ocorridos em todo o estado, entre os anos de 2000 e 2022. Para isso, utilizamos o SIG QGIS 3.16, especificamente, a estimativa de densidade de kernel, que permitiu classificar o grau de intensidade dos incêndios, como sugerido por Clemente, Oliveira-Júnior e Louzada (2017).

Para analisar a distribuição dos focos por município, também foi utilizado o SIG QGIS, onde analisou-se conjuntamente a camada de pontos com os focos de calor e as camadas dos limites municipais, com a finalidade de contabilizar o número de focos em cada município. Para representar os resultados obtidos nesta análise, foi gerado um mapa coroplético, onde as cores de cada município foram classificadas, segundo o número de focos.

Para compreender a dinâmica dos focos de incêndio, conforme o tipo de vegetação atingida, foram sobrepostas a camada de pontos dos focos de calor e a camada de vegetação, em cada ano. Com base nos resultados obtidos, foi elaborado um gráfico ilustrativo.

Para compreender os possíveis padrões de ocorrência dos incêndios, foram analisados os focos, conforme a sua distribuição anual e mensal. A partir dos resultados mensais, foi construído um gráfico de colunas para representar a periodicidade dos eventos, ao longo do ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram contabilizados 107.570 focos de incêndio no estado do Rio de Janeiro, no período de 2000 a 2022. Por meio dessa análise, também foi possível quantificar os focos de incêndio, em cada ano, tendo como resultado, o ano de 2000 com a menor incidência, registrando 141 focos; por outro lado, o ano de 2014 foi o de maior incidência, com 13.271 focos; seguido pelo ano de 2019, com 12.089 focos. O ano de 2014 ter registrado o maior número de focos pode estar diretamente ligado ao fato de que a região Sudeste do país enfrentou, em 2014 e 2015, períodos prolongados de seca e crise hídrica, devido a altas variações de temperatura e estiagem da estação de chuva (Nobre *et al.*, 2016). Já 2019 ser o segundo ano de maior número de focos, pode ter relação com o evento climático El Niño, que afetou o clima global neste período, impactando os padrões de distribuição de chuva e as mudanças na temperatura (Cunha *et al.*, 2019). Os resultados também mostram que os focos de incêndio aumentam significativamente, dentro do período de 2000 a 2022, nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, com o valor total de 14.688, 20.856, 29.553 e 15.107 focos, respectivamente (Figura 1). O elevado índice neste período pode ser o resultado de fatores sazonais, quando ocorre a estiagem das chuvas, em determinada época do ano (Clemente, Oliveira-Júnior, Louzada 2017).



FIGURA 1 - Distribuição mensal dos focos de incêndio no estado do Rio de Janeiro de 2000 até 2022. Elaboração própria.

Os resultados, obtidos da análise dos focos de incêndio por município, mostram que os municípios do estado foram afetados com diferentes intensidades. Por exemplo, o município de São João de Meriti registrou apenas 32 focos no total, enquanto que Campos dos Goytacazes foi o município com maior número de ocorrências, registrando 10.560 focos no total; seguido pelos municípios do Rio de Janeiro, Seropédica e Petrópolis, que registraram 3.051, 3.007 e 2.913 focos, respectivamente (Figura 2A). Salienta-se que a intensa concentração de focos no município de Campos dos Goytacazes pode ter relação com o fato de que a região possui extensas áreas de cultivo e de pastagem, onde ocorrem a queima, em alguns períodos, para renovação dessas áreas (Fernandes *et al.*, 2011). Por outro lado, o baixo número em São João de Meriti pode estar associado ao fato de que o município possui um alto índice demográfico, sendo considerado o município de maior densidade demográfica do país (IBGE, 2022), tornando assim, a região com pouca cobertura vegetal.

A partir da análise de densidade de kernel, para todos os anos, foi possível observar que, no estado do Rio de Janeiro, há regiões com baixas concentrações de focos. No entanto, em grande parte do seu território, a concentração varia entre média e alta e, em alguns fragmentos, possui contagem muito alta (Figura 2B).

É importante destacarmos que as áreas, onde as concentrações de focos estão mais baixas, correspondem às regiões de importantes áreas prioritárias de conservação, como a Serra do Mar, a Serra dos Órgãos, o Três Picos e o Desengano (Martinelli *et al.*, 2018). As áreas com maiores concentrações de focos são a região Norte-fluminense, que possui extensas áreas agrícolas; e a região metropolitana, uma área de intensa ocupação urbana (Fernandes *et al.*, 2011).

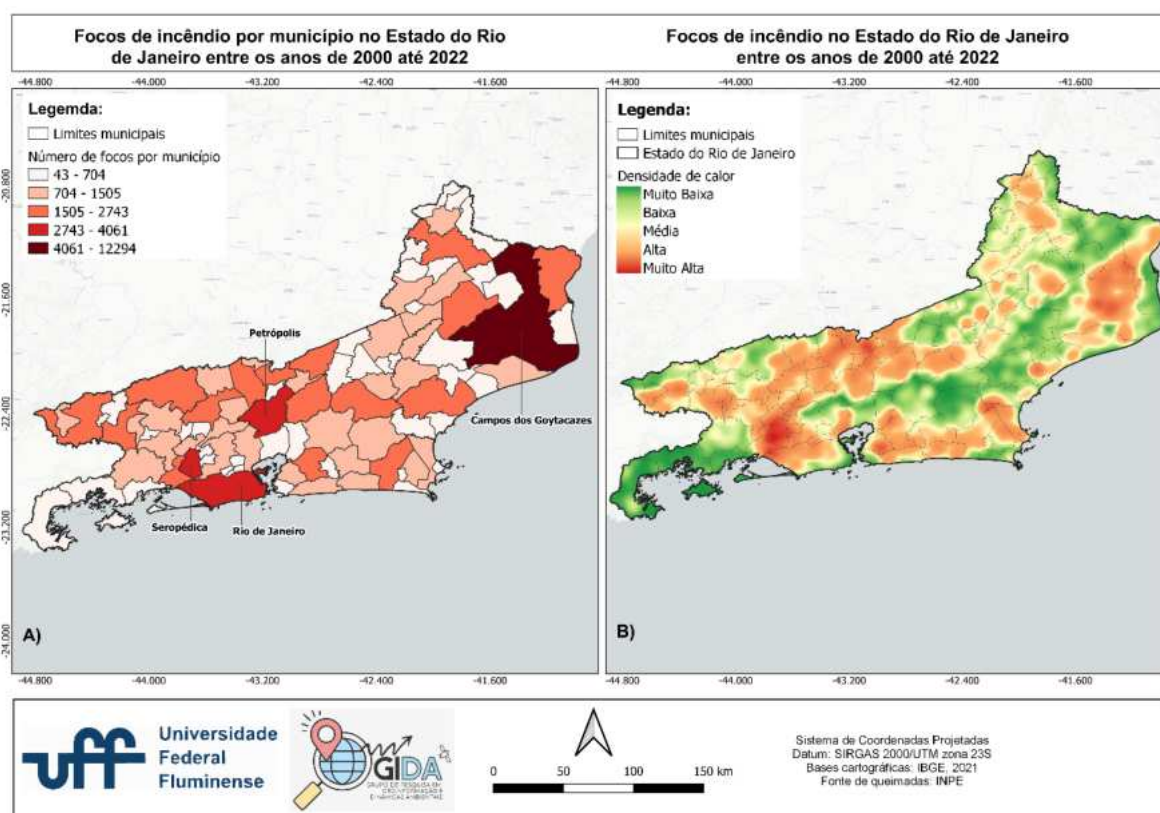


FIGURA 2 - A) Distribuição dos focos de incêndio no estado do Rio de Janeiro, entre 2000 e 2022; B) Densidade de Kernel, com a distribuição dos focos de calor no estado, entre 2000 e 2022. Elaboração própria.

A partir do monitoramento dos focos de incêndio, conforme o tipo de vegetação afetada, podemos observar que, dentre as seis fitofisionomias analisadas neste trabalho, as mais afetadas foram a Floresta Estacional Semidecidual, com 44.621 focos, e a Floresta Ombrófila Densa, com 41.337 focos no total (Figura 3).

É relevante ressaltarmos que a Floresta Estacional Semidecidual corresponde a formação florestal que normalmente ocorre em ambientes menos úmidos, ocupando ambientes que transitam entre a zona úmida costeira e o ambiente semiárido. Ela possui uma importante característica, que é a sua considerável perda foliar no período seco (Embrapa, 2021), fazendo com que haja a deposição de folhas na superfície terrestre, fator que pode contribuir com a propagação das chamas (Pausas, 2014). Por outro lado, embora a Floresta Ombrófila Densa seja uma formação florestal que ocorre em ambientes mais úmidos, ela possui um dossel mais elevado e denso, além de uma grande quantidade de biomassa disponível (Caldeira *et al.*, 2008), que pode facilitar a propagação do fogo, de maneira mais intensa e duradoura (Pausas, 2014).

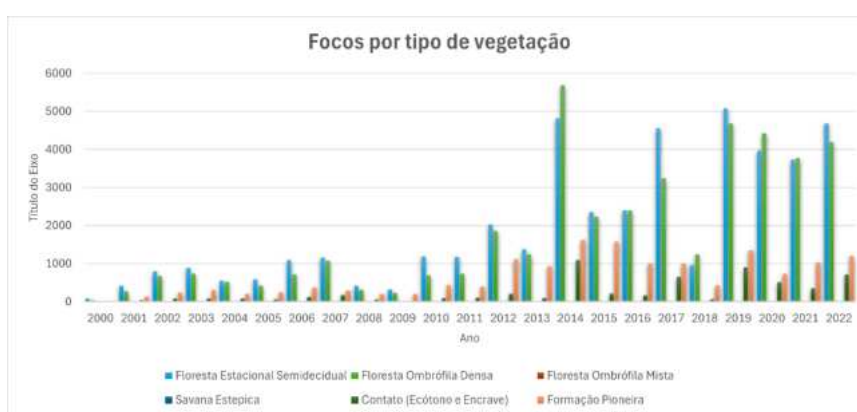


FIGURA 3 - Distribuição dos focos de incêndio por tipo de vegetação no estado do Rio de Janeiro, entre 2000 e 2022. Elaboração própria.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, foi possível observar que os incêndios no estado do Rio de Janeiro tornaram-se mais frequentes, ao longo dos anos. As maiores densidades estão localizadas entre as áreas urbanas e de intensas atividades industriais, bem como a região metropolitana e a região Norte-fluminense.

Durante o período de 2000 a 2022, os anos de 2014 e 2019 se destacaram, como os mais afetados pelos focos de incêndio, o que pode ser diretamente atribuído a eventos prolongados de estiagem e temperaturas elevadas, que ocorreram em todo o Brasil. Além disso, a concentração dos incêndios, nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, está relacionada a fatores sazonais, caracterizados por umidades mais baixas e ventos mais fortes, que intensificam a propagação das chamas.

Outra observação importante é a diferença significativa na distribuição dos incêndios, de acordo com o tipo de vegetação presente, destacando a importância de considerar a vegetação específica, ao desenvolver medidas de mitigação e prevenção aos incêndios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R.C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 83–92, 2011.
- BAILÃO, A. Histórias do fogo e das transformações de paisagens no Brasil Central para naturalistas estrangeiros no século XIX. **Estudos Históricos**, v. 36, n. 80, p. 370-391, 2023.
- CALDEIRA, M.V.W. *et al.* Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 53–68, 2008.
- CANZIAN, W.P. *et al.* Análise de causa e influência de elementos meteorológicos em ocorrências de incêndios em florestas de produção. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 3, p. 835–844, 2020.
- CLEMENTE, S. dos S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. de; LOUZADA, M.A.P. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 669-677, 2017.
- CORDEIRO RAMALHO, A.H. *et al.* Compreendendo a ação do fogo nos ecossistemas brasileiros. **Biodiversidade Brasileira**, v. 14, n. 1, p. 8–25, 2024.
- CUNHA, A.P.M.A. *et al.* Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.
- FIDELIS, A. *et al.* The Year 2017: Megafires and Management in the Cerrado. **Fire**, v. 1, n. 3, p. 49, 2018.
- FREITAS, W.K. *et al.* Influence of fire foci on forest cover in the Atlantic Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 115, 106340, 2020.
- FRÉJAVILLE, T.; CURT, T. Seasonal changes in the human alteration of fire regimes beyond the climate forcing. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 3, 035006, 2017.
- IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Bases cartográficas contínuas**. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas.html>
- IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **BD Queimadas** - Programa Queimadas. Terrabrasilis. <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>
- LENTILE, L.B. *et al.* Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. **International Journal of Wildland Fire**, v. 15, n. 3, p. 319, 2006.
- LIMA, D.O. de, CROUZEILLES, R.; VIEIRA, M.V. Integrating strict protection and sustainable use areas to preserve the Brazilian Pampa biome through conservation planning. **Land Use Policy**, v. 99, 104836, 2020.
- NOBRE, C.A. *et al.* Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 8, n. 2, p. 252-262, 2016.
- OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. de *et al.* Fire foci in South America: Impact and causes, fire hazard and future scenarios. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, 103623, 2021.
- PAUSAS, J.G. Bark thickness and fire regime. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 315-327, 2014.
- PIVELLO, V.R. *et al.* Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 233-255, 2021.
- SANSEVERO, J.B.B. *et al.* Fire drives abandoned pastures to a savanna-like state in the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n. 1, p. 31-36, 2020.

CAPÍTULO 54

CERRADO: ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DA SUPRESSÃO VEGETAL

Haillany Silva de Souza¹

Elizabeth Maria Feitosa de Souza¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. hailanysoares@gmail.com,; elizabethmfr@gmail.com.

RESUMO

As mudanças climáticas globais têm intensificado os impactos no cotidiano de diversas populações, incluindo o bioma Cerrado. Ocupando cerca de 24% do território nacional, o Cerrado tem sofrido um desmatamento acelerado, devido à expansão agropecuária, incentivada por políticas públicas, desde a década de 1970. Este estudo procurou analisar as dinâmicas espaciais e temporais da supressão vegetal no Cerrado, utilizando dados da plataforma MapBiomas no intervalo temporal de 1985 e 2022. A metodologia envolveu a aquisição e tratamento de dados espaciais e estatísticos, além do uso de ferramentas de SIG para mapear a supressão vegetal em diferentes fases temporais. Por meio da análise dos resultados, foram observados padrões de aumento e diminuição da supressão vegetal em determinados períodos, além disso, notou-se que, enquanto o desmatamento se concentrou inicialmente na parte sul do Cerrado, nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás; a partir de 2013, deslocou-se para a região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Ao fim, é ressaltada a necessidade de implementações de políticas de conservação mais eficazes para proteger o Cerrado, dado seu papel crucial na manutenção da biodiversidade e regulação climática.

Palavras-chaves: análise espacial; ecorregiões; MapBiomas; desmatamento; uso da terra.

ABSTRACT

Global climate change has intensified impacts on the daily lives of various populations, including the Cerrado biome. Occupying approximately 24% of the national territory, the Cerrado has experienced accelerated deforestation due to agribusiness expansion incentivized by public policies since the 1970s. This study aimed to analyze the spatial and temporal dynamics of vegetation suppression in the Cerrado, using data from the MapBiomas platform spanning from 1985 to 2022. The methodology involved acquiring and processing spatial and statistical data, along with using GIS tools to map vegetation suppression in different temporal phases. The analysis of results revealed patterns of both increases and decreases in vegetation suppression during specific periods. Additionally, it was noted that while deforestation initially concentrated in the southern part of the Cerrado, in the states of Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, and Goiás, since 2013 it has shifted to the MATOPIBA region (Maranhão, Tocantins, Piauí, and Bahia). Ultimately, the study underscores the need for more effective conservation policies to protect the Cerrado, given its crucial role in biodiversity maintenance and climate regulation.

Keywords: spatial analysis; ecoregions; MapBiomas; deforestation; land use.

INTRODUÇÃO

Atualmente, as mudanças climáticas constituem uma preocupação global premente, uma vez que o aquecimento global tem impactado diretamente a vida cotidiana e a subsistência de diversas populações, em todo o mundo. Sabe-se que os impactos extremos estão relacionados ao clima e incluem a alteração dos ecossistemas (Nobre, 2007), de biomas, como, por exemplo, o Cerrado.

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma brasileiro, ficando atrás apenas da Amazônia, e ocupa cerca de 24% do território nacional, sendo considerado um *hotspot* para a conservação da biodiversidade mundial (Klink, 2005). Contudo, o bioma, ao longo das décadas, tem registrado intensa supressão vegetal, em grande parte, pela expansão agropecuária na região (Beuchle *et al.*, 2015).

Durante as últimas quatro décadas, a expansão agropecuária tem sido uma das principais impulsionadoras das mudanças no uso e cobertura da terra no Cerrado brasileiro. As políticas públicas, implementadas no início da década de 1970, incentivaram ativamente a conversão de áreas de vegetação natural em terras agrícolas e de pastagens. Tais mudanças tiveram impacto significativo na paisagem do Cerrado e levaram à fragmentação do *habitat*, à perda de biodiversidade e às alterações nos padrões de uso da terra, que persistem até os dias de hoje (Silva *et al.* 2019).

Mais recentemente, foram adotadas pelos governos, políticas públicas que colocaram o bioma Cerrado em uma Zona de sacrifício, em detrimento da tentativa de diminuir o desmatamento na Amazônia, e nota-se isso até mesmo na legislação, que é mais permissiva com o desmatamento e voltadas para atividades agrícolas no Cerrado (Poder360, 2023). Os dados históricos revelam preocupantes valores de redução das áreas remanescentes do Cerrado e, instituições de monitoramento, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do PRODES, vem divulgando que o bioma tem sido severamente afetado pelo desmatamento, com taxas alarmantes de perda de vegetação (INPE, 2017).

Metade da cobertura vegetal original do bioma já foi perdida e, caso os padrões de mudanças no uso e cobertura da terra se mantenham, espera-se que o Cerrado perca 34% da vegetação remanescente até 2050 (Strassburg *et al.*, 2017). O desmatamento e a supressão da vegetação no Cerrado têm gerado uma série de problemas sociais e ambientais, que afetam diretamente a qualidade de vida das populações e o desenvolvimento sustentável da região.

A expansão da agricultura e da pecuária tem levado à destruição de áreas naturais, causando perda de biodiversidade, fragmentação de *habitats* e desequilíbrios nos ecossistemas locais. Além disso, o avanço do desmatamento compromete a oferta de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação do clima, a proteção do solo e a manutenção da qualidade da água (Arima *et al.*, 2014). No âmbito social, o desmatamento do Cerrado impacta diretamente as comunidades locais, muitas das quais, dependem dos recursos naturais para sua subsistência.

Além disso, o desmatamento descontrolado no Cerrado também tem consequências para o planejamento urbano e o crescimento populacional. O aumento da conversão de áreas naturais em terras agrícolas e urbanas pode levar à expansão desordenada das cidades, gerando problemas, como o surgimento de áreas de risco, a degradação ambiental e a falta de infraestrutura básica (Fearnside *et al.* 2014).

É preocupante a maneira como a expansão agropecuária e agrícola vem influenciando as transformações e dinâmicas de uso e cobertura da terra no Cerrado, de forma que, cada vez mais, se faz necessário monitorar e conservar os remanescentes vegetais nativos desse bioma e assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise espacial geral e regionalizada do bioma Cerrado, utilizando uma série temporal de 37 anos de dados da plataforma MapBiomas, a fim de compreender o panorama geral da dinâmica e o comportamento da vegetação natural florestal no bioma do Cerrado brasileiro.

METODOLOGIA

Para realizar as análises espaciais, foram utilizados dados espaciais disponibilizados pela plataforma Map Biomas. Primeiramente, realizou-se a aquisição dos dados espaciais e estatísticos da cobertura anual, no intervalo temporal de 1985 a 2022. Após a aquisição, foi realizado o tratamento e a estruturação dos dados estatísticos no programa Microsoft Excel, a fim de obter informações quantitativas da supressão vegetal para, posteriormente, identificar os pontos de inflexão de maior ou menor supressão vegetal, a fim de definir o recorte temporal do estudo.

Em seguida, migrou-se para um ambiente de GIS, mais precisamente o software ArcGIS Pro, que fornece suporte para mapeamento. Foi então realizado o processamento das imagens do Mapbiomas, imagens de satélite Landsat, de 30 m de resolução espacial, das coleções 7.0 e 8.0 e, assim, fez-se o ajuste de coordenadas, recortes e, posteriormente, uma reclassificação dos dados, adotando-se as seguintes classes:

- 1: Floresta
- 2: Formação Natural não Florestal
- 3: Pastagem
- 4: Área não Vegetada
- 5: Agricultura
- 6: Corpos Hídricos
- 7: Mineração

Com as novas classes definidas, foi gerado um *Combine*, para integrar os dados presentes nos arquivos *rasters*, destacando os intervalos de interesse para cada fase de supressão da vegetação no período. As fases de supressão vegetal foram definidas, com base nos dados quantitativos presentes no MapBiomas, gerando, como resultado principal, um mapa geral da supressão vegetal para cada fase, assim como um mapa regionalizado, baseado nas ecorregiões do Cerrado. O fluxograma na Figura 1 representa a metodologia adotada.

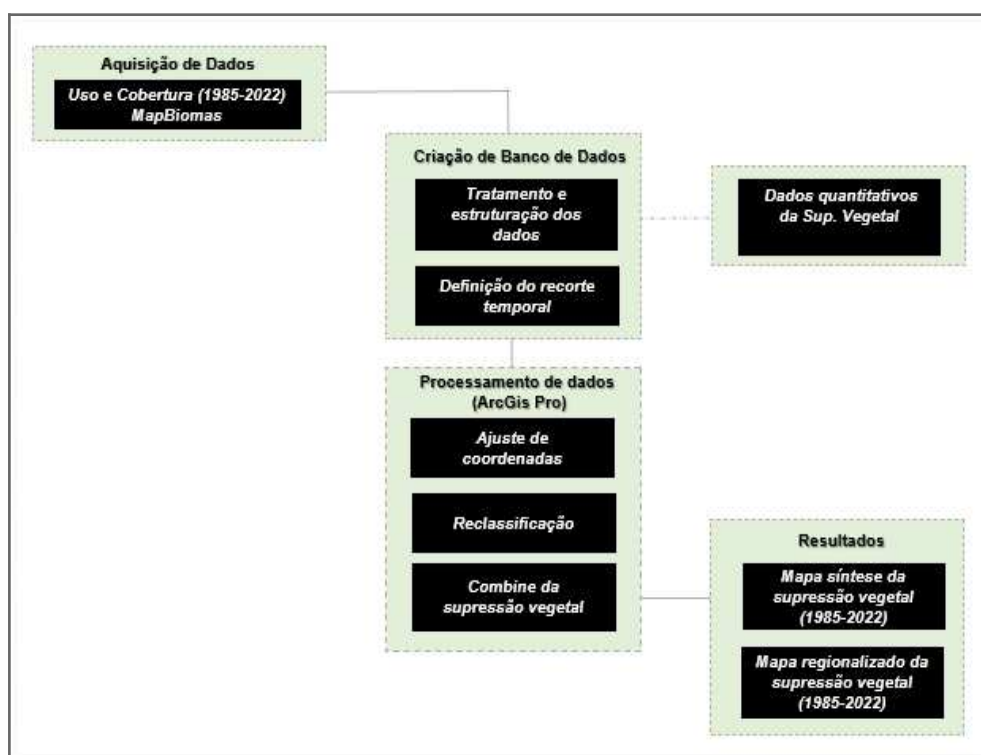


FIGURA 1 - Fluxograma metodológico da pesquisa. Elaboração própria.

Após a geração dos mapas, foi possível identificar as ecorregiões com maior supressão e avaliar a dinâmica temporal no Cerrado.

RESULTADOS

Análise geral da supressão florestal

Analisar os padrões espaciais históricos e atuais é fundamental para projetar possíveis cenários futuros. Logo, compreender o comportamento da supressão vegetal, ao longo dos anos, torna-se uma peça-chave nesse contexto de análise prospectiva. Por isso, inicialmente, foram realizadas análises temporais e espaciais da supressão vegetal no Cerrado Brasileiro, para que fosse possível quantificar a redução da cobertura, ou seja, a perda e supressão vegetal ou desmatamento (que aqui são usados como sinônimos).

Neste estudo, foram levadas em consideração, as alterações dos usos e cobertura florestal. De acordo com Falcão (2006), o desmatamento é a conversão, diretamente induzida pelo homem, de terra com floresta para terra sem floresta. Essa supressão vegetal pode ir além do desmatamento comum, podendo ser desde queimadas até desmatamentos autorizados, comuns, principalmente, na agricultura e na agropecuária.

Os valores percentuais da supressão vegetal foram obtidos através de cálculos estatísticos da cobertura florestal na região, em cada ano, considerando o levantamento do MapBiomass. Na Figura 2, é possível observar os valores de supressão vegetal, entre 1995 e 2022. Essas taxas referem-se às perdas que o uso e cobertura de Floresta sofreram e que englobam as classes Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue e Restinga Arborizada.

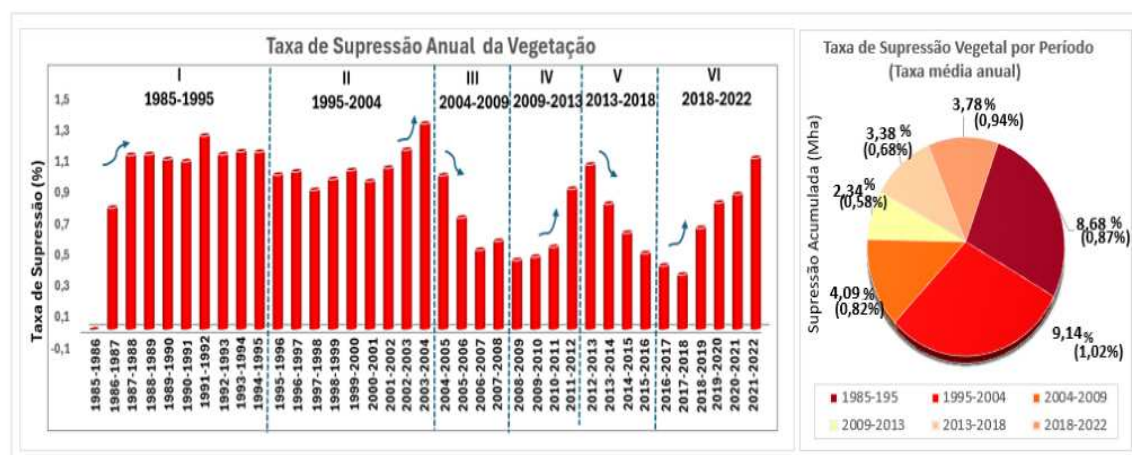


FIGURA 2 - Dados quantitativos da supressão vegetal florestal: A) taxa de supressão vegetal e B) Taxa média de supressão anual. Elaboração própria.

A Figura 2 mostra a taxa de supressão da vegetação e a taxa média de supressão anual. Com base no comportamento geral, podem ser estabelecidos pontos de mudança (pontos de inflexão), totalizando seis períodos temporais de supressão, entre os anos de 1985 a 2022. São eles: Fase I (1985 a 1995) - supressão constante, Fase II (1995-2004) - supressão em crescimento, Fase III (2004-2009) - supressão em declínio, Fase IV (2009-2013) - supressão em crescimento, Fase V (2013-2018) - supressão em declínio, Fase VI 2018-2022 - supressão em crescimento.

Entre 1985 e 1986, foi obtido um valor negativo, o que corresponderia a um ganho de floresta, contudo, como o objetivo do gráfico era analisar/investigar a perda/supressão florestal vegetal, esse intervalo ficou então definido como 0. Na Fase 1, nos anos 1986-1987, as taxas exibem valores mais baixos (0,7%), do que em relação aos anos seguintes desse período, que apresentam valores mais constantes de supressão (variam de 1,1% a 1,2%). Já em relação aos outros períodos, pode-se notar que temos a supressão com declínio e crescimento, se alternando, após 1995; na Fase II, em 1996, a taxa era de 0,9%, enquanto em 2004, era de 1,3, retratando um crescimento da supressão; na Fase III, houve uma diminuição das taxas de supressão, com o passar dos anos, em 2005, a taxa era de 0,8% e, posteriormente, em 2009, estava em 0,6%; nas Fases IV, V e VI, conforme já havia sido exposto, há respectivamente uma subida dos valores de supressão, depois, um declínio e, novamente, um aumento.

As taxas de supressão por período expressam as diferentes taxas, em que houve supressão/desmatamento em cada fase, mostrando o comportamento geral da supressão florestal nos 35 anos de observação. Pode-se notar que a fase II foi o período em que mais aconteceu a supressão, apresentando uma taxa de 9,14%, assim como a maior média anual de supressão ao ano e, embora a fase I tenha sido o segundo maior período de supressão, a Fase V teve uma taxa média de desmatamento superior, sendo de 0,94% ao ano.

Após ter realizado a análise quantitativa da supressão, no decorrer dos 37 anos de análise, e tendo estabelecido os períodos das fases e os segmentados, foi elaborado um mapa, a fim de sintetizar a supressão florestal no Cerrado.

A Figura 3 representa a espacialização temporal dessa supressão, levando em consideração as taxas de desflorestamento de cada fase/período, que foi mostrada na Figura 2. É possível notar que o desmatamento está distribuído em praticamente todo o território do Cerrado, contudo, se estabelece em períodos diferentes, enquanto o desmatamento nas fases I, II e III prevaleceram na parte sul do bioma, nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do sul, Goiás, o desmatamento nas fases IV, V e VI se concentraram mais na região do MATOPIBA, principalmente, nos estados da Bahia e Piauí.

De acordo com o jornal Brasil de Fato (2022), a supressão alarmante pode ter sido resultado da falta de políticas públicas, que protegessem o bioma, assim como ressalta a flexibilização de normas ambientais, bem como o incentivo ao avanço da agropecuária e ataques às populações tradicionais. Essas ações trouxeram consequências devastadoras, como, por exemplo, o desmatamento no cerrado, apresentando taxas históricas. Além disso, é possível observar na região do Matopiba, o desmatamento se consolidando nessa região, acontecendo principalmente nas fases V e VI. Cabe destacar que o MapBiomias, em seu último levantamento, ressaltou essa região como um dos novos arcos do desmatamento brasileiros (MapBiomias 2022).

A fim de conhecer as dinâmicas de supressão, foi realizada uma análise espacial regionalizada do Cerrado. A supressão vegetal desse bioma é muito variada, apresentando dinâmicas próprias, e essas dinâmicas possuem associação com as ecorregiões do Cerrado. A Figura 4 representa a intensidade em que ocorreu o desmatamento no Cerrado, em relação às suas ecorregiões, entre 1985 a 2022. As ecorregiões que mais tiveram desmatamento nesse período foram as ecorregiões: Paraná Guimarães, Araguaia Tocantins, Alto Parnaíba, Chapada dos Parecis e Planalto Central; a ecorregião que apresentou menores valores de supressão foi Costeiro.

Considerando a Figura 4, com relação à quantidade de terras indígenas, é interessante observar que há uma dinâmica complexa no Cerrado, onde, mesmo uma determinada ecorregião apresentando maior quantidade de terras indígenas (como é o caso de Paraná Guimarães e Alto Parnaíba), elas ainda apresentam uma alta taxa de desmatamento, o que pode ser um indicador da necessidade de serem estabelecidas novas unidades de proteção ambiental, assim como, homologar novas terras indígenas e rever o Código Florestal, uma vez que o código vigente têm permitido um alto índice de desmatamento legal no Cerrado.

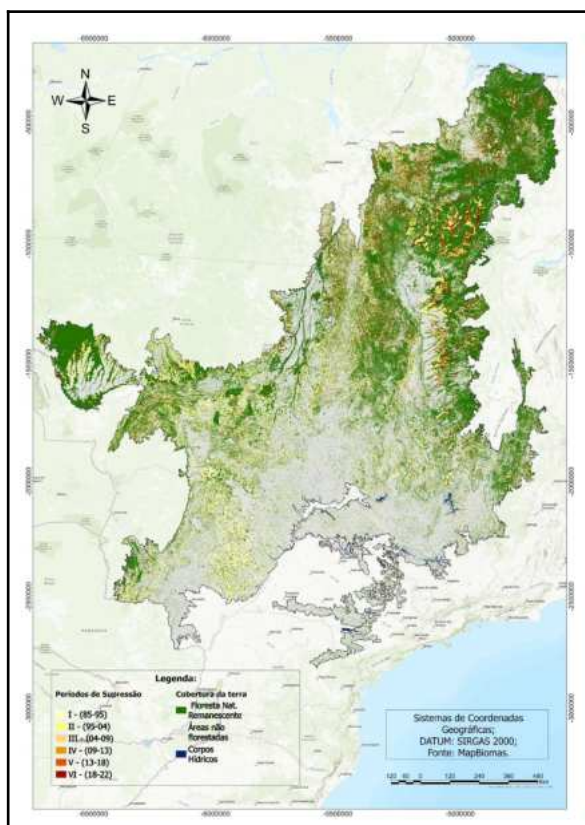


FIGURA 3 - Espacialização da vegetação no Cerrado, ao longo das fases de supressão vegetal. Elaboração própria.

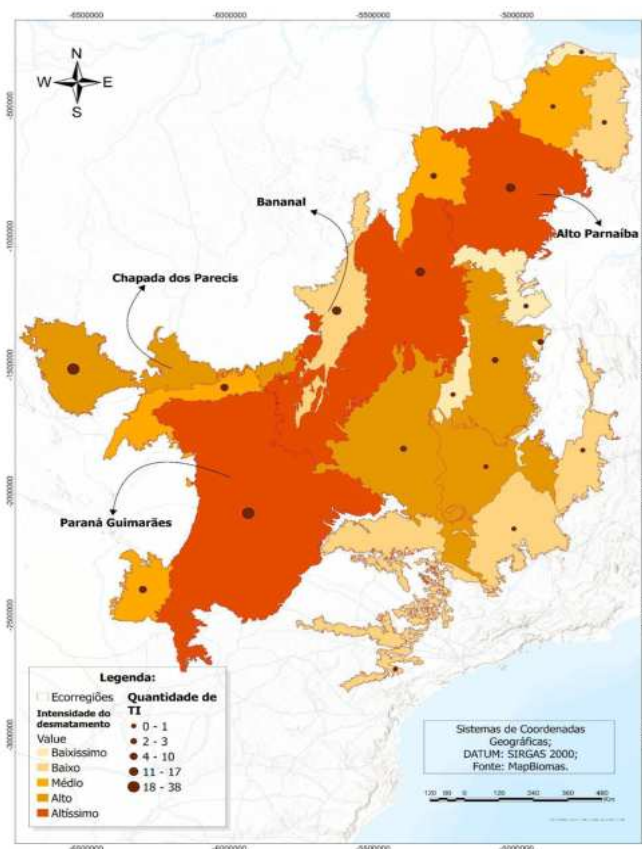


FIGURA 4 - Espacialização regional da intensidade de desmatamento por ecorregiões, entre 1985 e 2022. Elaboração própria.

Na Figura 5, é possível observar os valores de área desmatada nas 22 ecorregiões. Esses valores corroboram com um estudo de Pinheiro (2023), que aponta que os tipos de vegetação influenciam no padrão observado em imagens de satélite, ou seja, os padrões de desmatamento irão variar, de acordo com a ecorregião do Cerrado. Pinheiro (2023) ressalta que, embora os padrões espaciais sejam semelhantes entre as ecorregiões, a resposta espectral pode variar, devido às singularidades do solo, relevo e fitofisionomia, resultando em variações na vegetação predominante em cada ecorregião, como por exemplo, as formações campestres, que, geralmente, apresentam diferenças sutis de contraste entre áreas desmatadas e não desmatadas.



FIGURA 5 - Desmatamentos - Ecorregiões - Cerrado. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

No decorrer do presente estudo, foi possível verificar as mudanças na cobertura vegetal do Cerrado, ao longo de mais de três décadas, assim como seu padrão espacial e temporal de supressão. O desmatamento acelerado nesta região, impulsionado pela expansão agropecuária, destaca a urgência de políticas públicas de conservação mais eficazes, assim como aumentar e incentivar ações de fiscalização de órgãos ambientais, como o IBAMA.

Observando o desmatamento, especialmente, nas fases V e VI, destaca-se a necessidade de ações; e a análise regionalizada mostrou que, mesmo ecorregiões com maior presença de terras indígenas, como Paraná Guimarães, não estão imunes ao desmatamento, uma vez que ainda estão sujeitas a diferentes pressões, tais como a presença de atividades ilegais, como o garimpo, a expansão agropecuária e a falta de fiscalização.

No contexto das mudanças climáticas, preservar as florestas remanescentes é uma tarefa primordial, uma vez que asseguram a biodiversidade da fauna e flora, assim como interferem na disponibilidade dos recursos hidrológicos, bem como ajudam a regular o clima. Notou-se que é fundamental que haja um esforço conjunto de iniciativas privadas e governamentais, a fim de realizarem a implementação de políticas públicas de conservação e de manejo do território, de modo a garantir a preservação das vegetações florestais remanescentes, assim como, mitigar a supressão vegetal no Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIMA, E.Y.; BARRETO, P.; BRITO, B. Pecuária e desenvolvimento na Amazônia. **Estudos Avançados**, V. 28, N. 82, p. 123-136, 2014.
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R.C.; SHIMABUKURO, Y.E.; SELIGER, R.; EVA, H.D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015.
- Cerrado tem maior nível de desmatamento desde 2017, diz INPE. **Poder360**, 09 jun. 2023.
<https://www.poder360.com.br/meio-ambiente/cerrado-tem-maior-nivel-de-desmatamento-desde-2017-diz-inpe/>
- Dia do Cerrado: sob gestão de Bolsonaro, desmatamento no bioma avança. **Brasil de Fato**, 11 set. 2022.
<https://www.brasildefato.com.br/2022/09/11/dia-do-cerrado-sob-gestao-de-bolsonaro-bioma-bateu-recordes-de-destruicao>
- FEARNSIDE, P.M.; BARBOSA, R.I.; FERRAZ, J.B.; FERRAZ, S.F.; LEITE, C.C.; ARIMA, E.Y.; WALKER, R.T. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, 20120155, 2014.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Monitoramento do Bioma Cerrado**. São José dos Campos: INPE, 2017.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- NOBRE, C.A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.
- PINHEIRO, T.F.; SCHEIDE, A. Padrões de Desmatamento em Ecorregiões do Cerrado. *In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2023, Florianópolis. Anais eletrônicos...*, São José dos Campos, INPE, 2023.
- SILVA, J.M.; NOGUEIRA, A.C.R.; SANO, E.E.; SARAIVA, A.M. Impacts of agricultural expansion on land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado: A case study over the last four decades. **Remote Sensing**, v. 11, n. 2, p. 228, 2019.
- STRASSBURG, B.B.N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, 0099, 2017.

CAPÍTULO 55

COBERTURA DO SOLO E VARIAÇÃO HISTÓRICA DO CURVE NUMBER: APLICAÇÃO DO GOOGLE EARTH ENGINE NA IDENTIFICAÇÃO DE ALTERAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ

Willy César Veiga Souza¹

Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira²

1. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Laboratório de Meteorologia (LAMET). Av. Brenand, s/n. Imboassica. Macaé. RJ. Caixa Postal: 119562. CEP: 27910-970. willycesar1@gmail.com.

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Centro Multidisciplinar UFRJ Macaé. Instituto Politécnico. Av. Aluizio da Silva Gomes, 50. Glória. Macaé. RJ. CEP: 27930-560. rafaelmalheiro@bol.com.br.

RESUMO

A dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica resulta de diversos fatores naturais e antrópicos, cada qual, influenciando de forma individual sua composição. Para sistematizar as métricas de escoamento superficial e a capacidade de infiltração da água no solo, a *Natural Resources Conservation Service* (1950) propôs o índice *Curve Number*. Esse método incorpora variáveis, como a declividade da área, a formação pedológica e a cobertura do solo. Este estudo enfoca como a variação da cobertura do solo pode alterar historicamente o *Curve Number*, utilizando uma série histórica de imagens de satélite Landsat, processadas automaticamente no Google Earth Engine, ao longo de 20 anos. Aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, que abrange cerca de 170.000 ha, o estudo observa mudanças na cobertura vegetal, devido à conservação florestal, ocupação rural e urbanização, que impermeabilizam o solo. Resultados parciais mostram que essas mudanças no uso do solo, como a alteração de plantios, a supressão de vegetação e a expansão urbana, constituem uma ameaça potencial à dinâmica hidrológica, alterando a resposta às chuvas e aos eventos extremos, modificando o perfil de infiltração da água no solo. A pesquisa gerou valores específicos de *Curve Number* para diferentes períodos e áreas, na referida bacia, contribuindo para a gestão hídrica e a mitigação de impactos ambientais.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; geotecnologia; cartografia; recursos hídricos; escoamento superficial.

ABSTRACT

The hydrological dynamics of a watershed are the result of various natural and man-made factors, each of which has an individual influence on its composition. In order to systematize the metrics of surface runoff and soil water infiltration capacity, the *Natural Resources Conservation Service* (1950) proposed the *Curve Number* index. This method incorporates variables such as the slope of the area, soil formation and soil cover. This study focuses on how land cover variation can historically alter the *Curve Number*, using a historical series of LandSat satellite images, automatically processed on the Google Earth Engine platform, over 20 years. Applied to the Macaé River Basin, which covers around 170,000 ha, the study observes changes in vegetation cover due to forest conservation, rural occupation and urbanization, which waterproof the soil. Partial results show that these changes in land use, such as the alteration of plantations, suppression of vegetation and urban expansion, constitute a potential threat to hydrological dynamics, altering the response to rainfall and extreme events, modifying the profile of water infiltration in the soil. The research hopes to generate specific *Curve Number* values for different periods and areas within the basin, contributing to water management and the mitigation of environmental impacts.

Keywords: remote sensing; geotechnology; cartography; water resources; surface runoff.

INTRODUÇÃO

A dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica é um fenômeno complexo, influenciado por uma variedade de fatores naturais e antrópicos, que atuam de forma interdependente, para moldar o comportamento do sistema (Dodds, 2005). Entre os métodos utilizados para sistematizar as métricas de escoamento superficial e a capacidade de infiltração da água no solo, destaca-se o *Curve Number*, proposto pela *Natural Resources Conservation Services* (1954), sendo resultado das pesquisas desenvolvidas ainda entre as décadas de 1930 e 1940, adicionada a colaboração de Mockus (1949), Sherman (1949), Andrews (1954) e Ogrosky (1956), conforme ressalta Pezan (2022).

Este índice é composto por variáveis, que consideram itens como declividade, natureza pedológica e a cobertura do solo. Como resultante, pode-se estimar os comportamentos de infiltração de água em solo, referente a uma localidade, estimando sua infiltração ou escoamento superficial. Os valores de *Curve Number* encontrados podem ser categorizados por faixas (ANA, 2014) que indicam o comportamento predominantemente identificado na região, a saber: a) CN 30-60,9 (baixo) – Alta infiltração associada a solos permeáveis, condições de solo seco e cobertura de vegetação densa; b) CN 61-79,9 (médio) – infiltração moderada e escoamento intermediário, presentes em solos moderadamente permeáveis e vegetação moderada; e c) CN 80-100 (alto) – com baixa infiltração e alto escoamento superficial, com solos impermeabilizados ou com argilosos (NRSC, 2021).

A Bacia Hidrográfica do Rio Macaé (Figura 1), com uma área aproximada de 170.000 hectares, foi escolhida como objeto de estudo devido à sua relevância e à presença de mudanças históricas em sua forma e função (Santos, 2006) e em sua cobertura vegetal ao longo das últimas décadas. As alterações observadas na cobertura do solo nessa bacia hidrográfica são resultado de atividades humanas, como a expansão da agricultura, crescimento urbano e a consequente impermeabilização do solo e, por outro lado, criação e consolidação recente de unidades de conservação. As alterações identificadas produzem reflexos detectáveis na dinâmica hidrológica da bacia, especialmente, quanto às variações históricas no perfil de infiltração de água no solo.

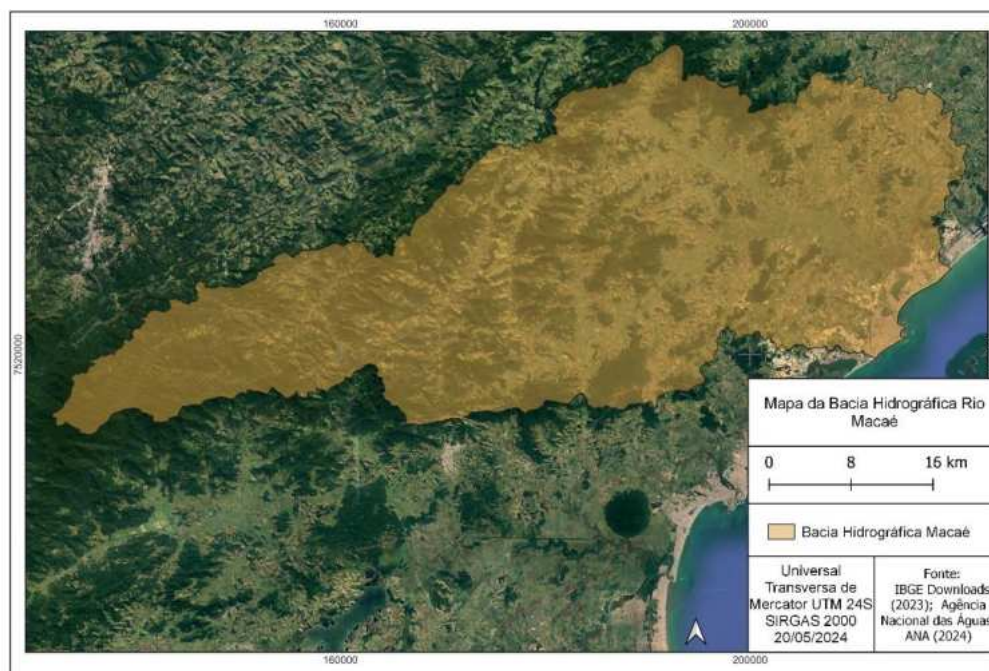


FIGURA 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Elaboração própria.

Nesse sentido, com objetivo de detectar alterações da cobertura vegetal estratificada, a área da bacia hidrográfica foi compartimentada, de forma a permitir efeito comparativo e quantificar as variações identificadas, em função da alteração da cobertura do solo e promover a delimitação da área controle. Para isso, foram adotadas, como compartimento de análise, as Ottobacias em nível 6 (ANA, 2023), o que resultou na subdivisão em 73 áreas, conforme mostra a Figura 2.

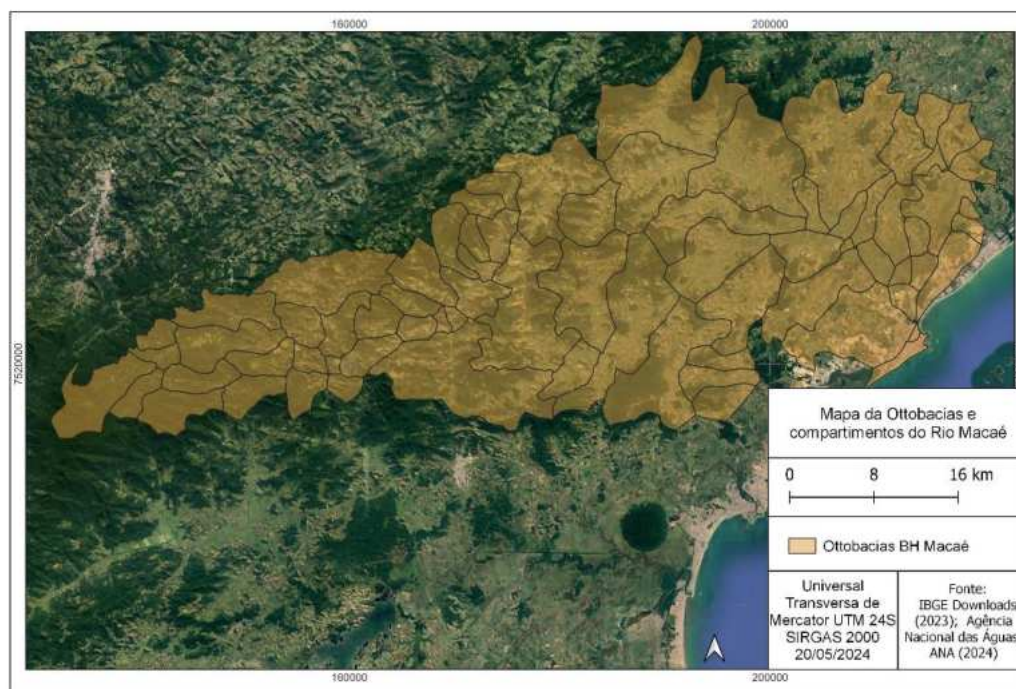


FIGURA 2 – Mapa de ottobacias e compartimentação de áreas de estudo. Elaboração própria.

Um dos principais efeitos das mudanças na cobertura do solo é a modificação do padrão de infiltração da água da chuva. Áreas urbanas possuem coeficiente de impermeabilização elevado e, para o caso do município de Macaé, tiveram expansão, nos últimos anos, em virtude do aumento da população urbana, com crescimento médio anual de 4,43% (IBGE, 2010), entre os anos de 1980 e 2010, enquanto o estado do Rio de Janeiro apresentou, para o mesmo período, valores de 1,34% ao ano.

Variação de outra natureza também pode ser vista, por meio da interpretação de imagens de satélite de áreas rurais e de produção agropecuária. Essas, a depender da natureza da cultura ou prática adotada, promovem uma menor capacidade de infiltração, devido ao manejo de solo desenvolvido, o que pode resultar em um aumento escoamento superficial. Essa condição está relacionada à redução da recarga dos aquíferos e sistemas freáticos subterrâneos da região, além de aumentar o risco de alagamentos, em virtude da resposta hidrológica das chuvas, em ambientes alterados. Por outro lado, a restauração de áreas degradadas ou criação e consolidação de unidades de conservação podem ser práticas de gestão de uso solo, que apresentam o efeito oposto, reduzindo o valor do *Curve Number* e promovendo uma maior infiltração da água da chuva no solo (Pezan, 2022).

Portanto, compreender e monitorar as mudanças na cobertura do solo, ao longo do tempo, é fundamental para mensurar, de forma sistemática, as variações no perfil de infiltração da água na bacia hidrográfica. Essa medida garante estimativas de infiltração de água com maior assertividade, pelo emprego de metodologia amplamente difundida, além prover maior previsão de regime hidrológico da bacia hidrográfica, coerente com cenários. Essa questão torna-se ainda mais relevante, se considerado o atual cenário hídrico da região em questão, considerando o atual cenário de mudanças climáticas (IPCC, 2021) e a ocorrência de eventos climáticos extremos. Atua ainda na aplicação das possibilidades de gestão de uso da água, pelos diversos públicos presentes e futuros.

METODOLOGIA

Considerando os objetivos elencados, como meio de análise, há emprego de abordagem que integra o processamento de dados de cobertura vegetal, por meio de técnicas de cartografia, em conjunto com o sensoriamento remoto. Destaca-se o uso imagens de satélite do tipo Landsat 7, majoritariamente, em suas bandas 4 e 5, e compreendendo série histórica de, aproximadamente, 20 anos. A análise das imagens de satélite é realizada de forma automatizada, por meio da plataforma GoogleEarth Engine, permitindo a correção de interferências atmosféricas e a utilização de diferentes algoritmos, para a identificação das feições, a partir dos comportamentos espectrais observados. Destaca-se que a ferramenta permite que se preserve a aplicação com padrões uniformes, em todos os conjuntos de imagens coletados na série temporal e permitindo uma avaliação abrangente das mudanças na cobertura do solo (Ferreira, 2015), na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. As etapas de análise e classificação de imagens de satélite constam na Figura 3.

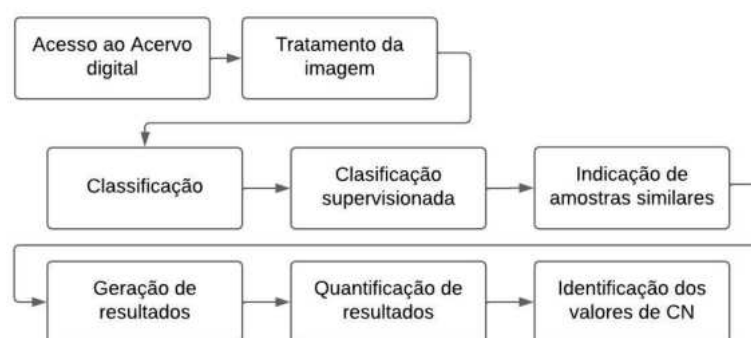


FIGURA 3 – Etapas de tratamento e de classificação de imagens da coleção Landsat 7. Elaboração própria.

Adquiridos dados provenientes das imagens de satélite, serão realizados os cálculos ponderados das áreas em questão baseando-se na metodologia prevista pela Natural Resources Conservation Services e apontamentos elencados, por meio da Nota Técnica 46/2018, publicada pela ANA, tendo, como produto, a compartimentação das Ottobacias, com identificação da variação histórica de *Curve Number*.

CONCLUSÕES

A pesquisa encontra-se em desenvolvimento e apresenta resultados preliminares, resultantes da classificação das imagens, podendo já ser observadas alterações para o período temporal analisado. Essas alterações ocorreram, a partir de diferentes processos históricos e fizeram com que as áreas estudadas tivessem alterações de uso e cobertura do solo, que, potencialmente, configuram como fator de mudança dos valores do *Curve Number* (ANA, 2012). Considerando que não há, em escala de tempo compatível, a possibilidade de alterações nas condições do solo (Resende, 2014), como geologia, geomorfologia e declividade, em escala detectável através da captura de imagens de satélite, entende-se que a variação do índice de *Curve Number* foi dada, a partir da alteração da cobertura do solo. Considerando os dados já disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (2018), a configuração do *Curve Number* é mostrada na Figura 4.

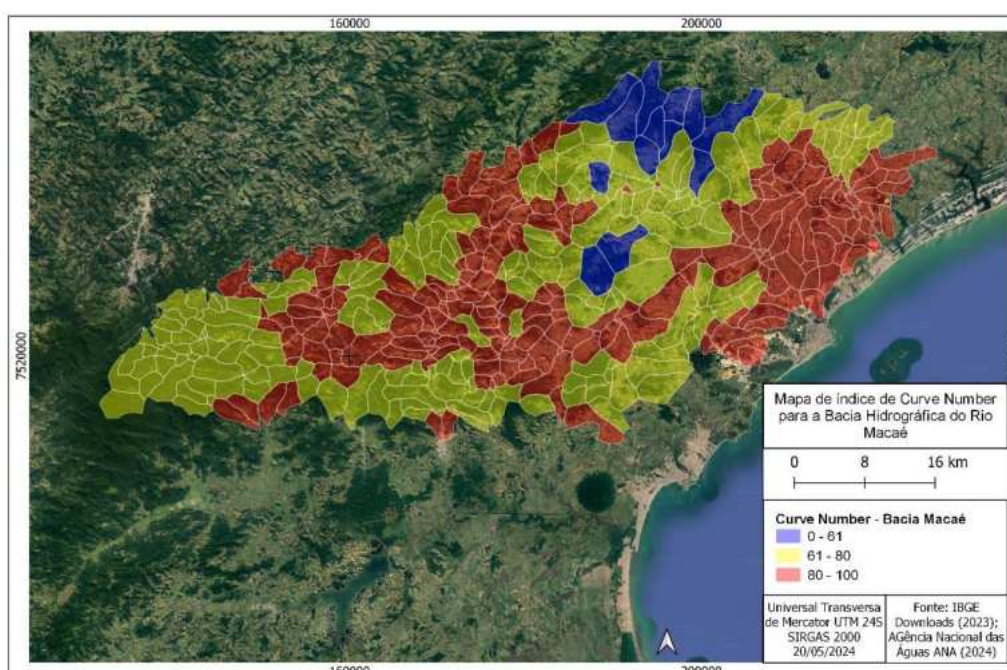


Figura 4 – Mapa de *Curve Number* para a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Elaboração própria.

Como aprimoramento, planeja-se a análise temporal individualizada, em todos os compartimentos, nos quais, a bacia hidrográfica foi subdividida, trabalhando ainda em intervalos temporais de 2 anos. Essa medida poderá gerar efeitos comparativos entre as áreas da mesma bacia hidrográfica, em distintos períodos da série histórica, promovendo cenário de análise entre as áreas e os seus respectivos usos, como no caso de pastagens, áreas urbanas ou, até mesmo, as unidades de conservação. Essas informações são essenciais para o desenvolvimento de estratégias (Carvalho, 2023) eficazes de manejo e conservação dos recursos hídricos, visando garantir a preservação de ecossistemas e a segurança do abastecimento para usuários da água na bacia hidrográfica em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM NETO, J. **Gestão de Bacias Hidrográficas**. Viçosa: Editora UFV, 2014.
- ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**. <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-de-recursos-hidricos>
- ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Metodologia de divisão hidrográfica nacional em Ottobacias**. Brasília: ANA, 2012. <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-de-recursos-hidricos/ottobacias>
- ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Nota Técnica n. 46/2018/SPR**. Documento nº 00000.040424/2018-44. 28 jun. 2018. <https://www.gov.br/ana>
- ASAE (American Society of Agricultural Engineers). Runoff curve number. **ASAE Standards**, 1985. p. 446-453.
- CARVALHO, F.R. Gestão integrada de bacias hidrográficas: uma análise comparativa entre casos brasileiros e a experiência internacional. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 3, p. 121-140, 2013.
- DODDS, P.S. Challenges in stream ecology: Scaling up from individual to ecosystem levels. **Freshwater Biology**, v. 46, n. 4, p. 583-590, 2001.
- DODDS, P.S. Efeito do uso do solo nas características hidrológicas das microbacias do Córrego Rico, Guarapuava - PR. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 2, p. 87-99, 2011.

FERREIRA, L.G. Uso de imagens de satélites na detecção de mudanças no uso do solo em áreas de Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 64, n. 1, p. 49-58, 2012.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Mudança do clima e terra: Relatório especial do IPCC sobre mudança do clima, desertificação, degradação da terra, manejo sustentável da terra, segurança alimentar, e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres. Mariane Arantes Rocha de Oliveira (trad.). Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA: Cambridge University Press, 2020.
<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/srcl-port-web.pdf>

MIRANDA, E.E. de (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite.
<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>

PEZAN, V.F. **Determinação do SCS-Curve Number usando dados hidrológicos observados de bacias hidrográficas brasileiras**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-14062022-163223/>

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.; CORRÊA, G. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 6. ed. Lavras: Editora UFLA, 2014.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. São Paulo: Editora Hucitec, 1985.

SILVA, F.M. Gestão de bacias hidrográficas: estudo de caso na bacia do Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 11, n. 2, p. 77-96, 2015.

SILVA, L.M. Processamento digital de imagens de satélites para mapeamento de uso e cobertura do solo: uma revisão. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, p. 374-385, 2012.

CAPÍTULO 56

CONTRASTES NA DECLARAÇÃO E REALIDADE DA VEGETAÇÃO: UM ESTUDO COM DADOS DO CAR EM JUIZ DE FORA – MG

Ricardo Tavares Zaidan¹
Raphael Daniel de Menezes¹

1. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Departamento de Geociências (PPGEO). Campus Universitário. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. São Pedro. Juiz de Fora. MG. CEP: 36036-900. ricardo.zaidan@ufjf.br. menezesraphael798@gmail.com.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre a vegetação arbórea declarada no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a vegetação arbórea levantada por meio da classificação de uma imagem de satélite aplicada ao geoprocessamento. Limitado às propriedades rurais de Juiz de Fora, seguindo as diretrizes do novo Código Florestal, o projeto inicialmente visava comparar os dados declarados pelos proprietários rurais nas três categorias de vegetação arbórea: Vegetação Nativa, Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente (APP). No entanto, uma discrepância significativa foi encontrada para a categoria de APP, levando à criação de dois cenários de análise. No primeiro cenário, considerando as três feições inicialmente propostas (Reserva Legal, Vegetação Nativa e APP) houve um déficit de 4.241,05 hectares, em relação aos valores declarados no CAR, enquanto no segundo cenário, considerando apenas as feições eminentemente arbóreas (Reserva Legal e Vegetação Nativa), foi identificado um saldo positivo de 3.973,89 hectares. Esses resultados destacam a importância do monitoramento contínuo da vegetação, especialmente nas áreas de preservação permanente, e a necessidade de atenção das autoridades municipais para garantir a conservação adequada.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; geoprocessamento; CAR; vegetação arbórea.

ABSTRACT

The present study aims to conduct a comparative analysis between the arboreal vegetation declared in the Rural Environmental Registry (CAR) and the arboreal vegetation identified through satellite image classification applied to geoprocessing. Limited to rural properties in Juiz de Fora, following the guidelines of the new Forest Code, the project initially intended to compare the data declared by rural landowners in three categories of arboreal vegetation: Native Vegetation, Legal Reserve, and Permanent Preservation Areas (PPA). However, a significant discrepancy in the PPA category was found, leading to the creation of two analysis scenarios. In the first scenario, considering the three initially proposed categories (Legal Reserve, Native Vegetation, and PPA), there was a deficit of 4,241.05 hectares compared to the values declared in the CAR. In the second scenario, considering only the predominantly arboreal categories (Legal Reserve and Native Vegetation), a positive balance of 3,973.89 hectares was identified. These results underscore the importance of continuous vegetation monitoring, especially in permanent preservation areas, and the need for municipal authorities to ensure adequate conservation.

Keywords: remote sensing; geoprocessing; CAR (Rural Environmental Registry); arboreal vegetation.

INTRODUÇÃO

O Cadastro Ambiental Rural (CAR), estabelecido pela Lei n. 12.651/2012, não se configura necessariamente como um novo instrumento de gestão ambiental, entretanto, o avanço das geotecnologias proporcionou novas possibilidades em meio digital, seja na aquisição, no armazenamento ou monitoramento de diversos tipos de dados. O CAR se insere nessa lógica, à medida que, outrora, tais documentos eram redigidos e encaminhados junto aos órgãos competentes, para serem averbados, ou seja, constituía um processo manual, através de documentos, cartas e mapas. O advento de novos *softwares* possibilitou a transferência desses dados, do formato analógico para o digital, promovendo, não só uma melhora na qualidade das informações, bem como uma nova gama de possibilidades a serem exploradas.

Nesse sentido, a quantificação e localização das áreas de uso do solo, juntamente com a proteção das áreas de preservação permanente, são cruciais para a sustentabilidade da agropecuária brasileira. Dessa forma, a integração dos dados de propriedades rurais, nos permite avaliar a cobertura vegetal em áreas privadas, planejar paisagens e criar corredores ecológicos. Isto posto, o presente estudo compara a vegetação declarada no CAR, com a identificação em imagens de satélite, visando verificar a consistência dos dados autodeclarados pelos proprietários rurais, bem como contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a conservação e o desenvolvimento ambiental em áreas rurais.

METODOLOGIA

Os materiais cartográficos utilizados consistiram em dados do CAR, adquiridos através do SICAR, e imagens orbitais do satélite CBERS-4A, adquiridas na Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (NPE). Dispôs ainda de um acervo bibliográfico reunido, abordando os temas centrais, correlatos e complementares ao estudo. Quanto aos softwares, foram utilizados, o sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS, a fim de operacionalizar os dados, Google Earth Pro, para visualização mais detalhada da superfície, em caso de consultas, além do Microsoft Word e Excel, para redigir e organizar os textos, dados, tabelas e resultados.

Em relação à metodologia, o estudo ancorou-se no método comparativo analítico. De acordo com Fachin (2001), o método comparativo envolve a investigação de coisas ou fatos, buscando explicá-los, com base em suas semelhanças e diferenças. Esse método possibilita a análise de dados concretos e a identificação de semelhanças e discrepâncias entre elementos específicos, abstratos e gerais, permitindo assim a condução de investigações de natureza indireta. Quanto aos procedimentos, a maior parte dos processos ocorreu dentro do ambiente ArcGIS, baseando-se na técnica desenvolvida e aplicada pelo grupo GITE (Grupo de Inteligência Territorial Estratégica) da EMBRAPA (2020), tendo como prioridade a edição dos polígonos sobrepostos, gerando dados mais acurados para que pudesse ser produzido o mapa temático de classificação das fisionomias e, em seguida, realizar os cálculos para a comparação da vegetação declarada e a vegetação levantada. A validação do resultado da classificação se deu a partir do índice de concordância Kappa.

Na etapa corrente do CAR, os cadastros ambientais se encontram submetidos e armazenados na plataforma SICAR, cuja maior parte dos registros se encontram sob o status “Aguardando Análise”, ou seja, ainda não houve uma verificação para determinar se o imóvel se enquadra em todos os elementos regulatórios. Dito isso, um dos fatores que evidencia a dificuldade de se analisar e regularizar a enorme quantidade de imóveis se configura na sobreposição de polígonos nos dados vetoriais, e, conseqüentemente, sobreposição limítrofe dos terrenos. Se, no âmbito legal, a fronteira desses imóveis pode resultar empasses burocráticos e ou judiciais, no ambiente informacional geográfico, representa uma incerteza e uma margem de erro, ao ter que mediar tais sobreposições.

A Figura 1 ilustra a problemática apresentada. É notória, a frágil relação fronteira entre os imóveis, de modo que grande parte das propriedades tem áreas compartilhadas com imóveis vizinhos. Em casos mais específicos, podemos destacar que alguns cadastros compartilham ainda a totalidade da área dos imóveis, podendo se tratar de cadastros efetuados de forma duplicada e ou contestação pela propriedade. Stabile e Balastreire (2006 *apud* Pantoja *et al.*, 2015) pontuam que este tipo de erro também pode ser gerado pelo transporte de dados para os softwares e sua manipulação para geração das peças vetoriais do CAR; erro de multicaminhamento e ionosférico, contribuindo também para marcação de pontos com precisões baixas; bem como o fator autodeclaratório; a falta de conhecimento técnico na submissão do cadastro; imagens de satélite com baixa resolução e qualidade, entre outros.

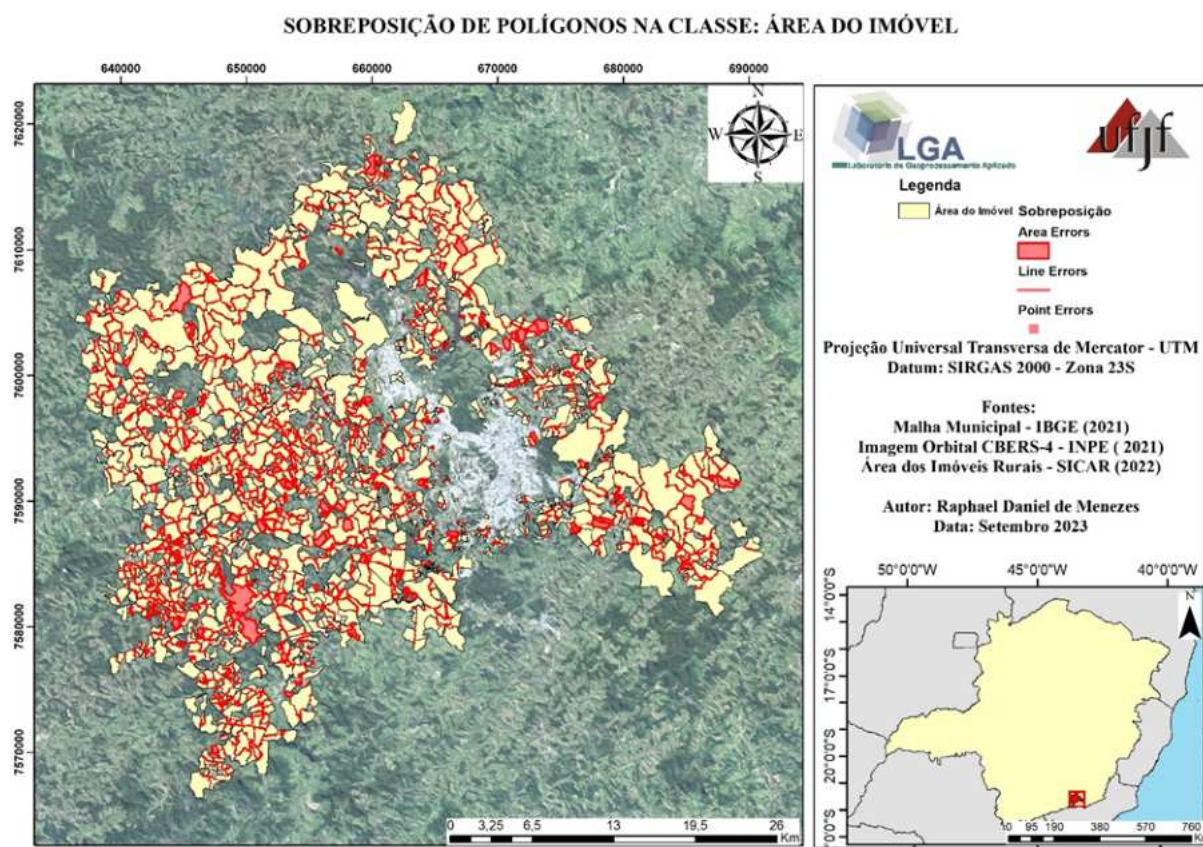


FIGURA 1 - Sobreposição de polígonos na classe Área do Imóvel. Elaboração própria (2023).

De tal modo, as sobreposições nos polígonos vetoriais do CAR estão presentes de diversas maneiras, seja na justaposição de áreas dentro de uma mesma classe de feição ou entre diferentes classes. Quanto maior a área e o número de classes adotadas, maior será a sobreposição de polígonos, resultando uma duplicidade de dados. Dessa forma, se torna primordial a correção dessa problemática, propiciando procedimentos e análises mais assertivas e acuradas. Isto posto, fora organizado o ambiente ArcGIS, e, em seguida, foi dado início à correção das sobreposições dos polígonos, tanto em uma mesma classe quanto em classes correlatas. Para tal, o presente estudo se baseou em um projeto similar, realizado pela EMBRAPA (2020), que consistiu nas funções *Dissolve* (dissolver) e *Merge* (mesclar).

Uma vez realizada a correção das sobreposições, o passo seguinte se deu, a partir da classificação supervisionada de uma imagem do satélite CBERS-4A. Em relação aos sensores, esse programa conta com resolução espacial de 8 m, em sua banda multiespectral, e de 2 m, na banda pancromática. Para aproveitar as vantagens de ambas as propriedades, ou seja, composição colorida das bandas multiespectrais e a resolução de 2 m da banda pancromática, foi realizado o procedimento *Pansharpening*, no ArcGIS. Ainda nesse sentido, a escala cartográfica trabalhada, a partir dessa imagem, foi 1:331.000, onde foram coletadas amostras para duas classes de feição: Vegetação Arbórea (correspondendo a todo e qualquer fragmento vegetacional com características florestais) e Não Vegetação (englobando os demais elementos contidos na área das propriedades, tais como: edificações, construções, pastagem, rocha, solo exposto etc.). Ainda no ArcGIS, realizou-se a classificação supervisionada, pelo método de Máxima Verossimilhança (Figura 2).

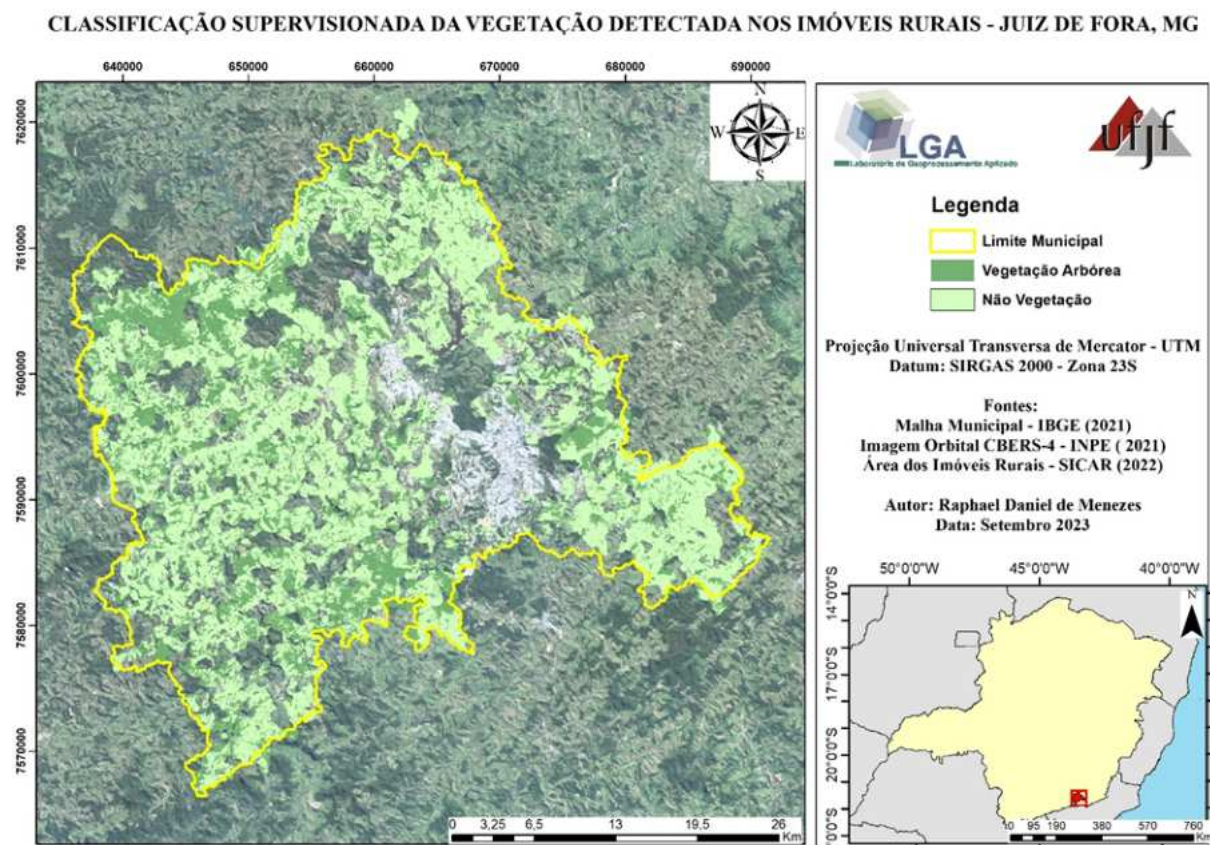


FIGURA 2 - Resultado da classificação supervisionada. Elaboração própria (2023).

RESULTADOS

Realizado o pré-processamento dos dados e dos procedimentos, a sobreposição dos polígonos se mostrou o maior obstáculo para a execução das tarefas, tornando-se prioridade para a continuidade das práticas. Por conseguinte, a partir do software ArcGIS, obtém-se uma vasta gama de informações a partir da ferramenta “tabela de atributos”, dentre os quais, as métricas responsáveis por balizar os resultados aqui apresentados.

No que diz respeito à área do município de Juiz de Fora, esta totaliza 142.987,05 hectares, enquanto o recorte abrangendo os imóveis rurais autodeclarados no CAR compreende 95.584,28 hectares, correspondendo a cerca de 66,8% da área total do município. Em relação a problemática do CAR, referente a sobreposição de áreas limítrofes, se faz expressa numericamente na Tabela 1, representando um demonstrativo da área total dos imóveis cadastrados. O valor referente aos imóveis declarados corresponde a 95.584,28 ha. Entretanto, uma vez aplicado o procedimento Dissolve, no ArcMap, esse valor decresce para 90.482,49 ha, uma diferença de 5.101,79 ha (5.33%).

Além da área total dos imóveis, as estatísticas referentes à vegetação também se fazem presente, tal qual os valores declarados de Vegetação Nativa: 19.446,08 ha, Reserva Legal: 17.874,54 ha e APP: 25.661,86 ha (Tabela 2).

TABELA 1 - Demonstrativo da sobreposição na feição de área do Imóvel.

Feature	Área do Imóvel (Declarada)	Área do Imóvel (Dissolve)
Count	1985	1
Minimum	0,1	90482,48739
Maximum	1183,79	90482,48739
Sum	95.584,28 (ha)	90.482,49 (ha)
Mean	48,15329	90482,48739
Standard Deviation	85,421245	0
Nulls	0	0

Elaboração própria (2023).

TABELA 2 - Demonstrativo da sobreposição nas áreas de feições vegetacionais.

Feição	Declarada (ha)	Dissolve (ha)	Redução (%)
Vegetação Nativa	19.446,08	18.533,17	4.69%
Reserva Legal	17.874,54	17.091,48	4.38%
APP	25.661,86	11.257,03	56.13%

Elaboração própria (2023).

Uma vez apresentadas as métricas das classes vegetacionais, previamente escolhidas, “Vegetação Nativa”, “Reserva Legal” e “Área de Preservação Permanente”, esta última, se evidenciou dúbia, pelo enorme caráter de sobreposição verificado. Se as primeiras feições apresentaram sobreposições individuais, entre 4 e 5%, a feição APP resultou em cerca de 56% de sua área sobreposta, não levando ainda em consideração, a eminente sobreposição com as demais classes. Uma vez que o projeto pretendia realizar inicialmente a comparação tomando a feição “Vegetação Declarada” como sendo a junção das três classes de feição arbóreas (VN + RL + APP), ao se deparar com esse valor alarmante, optou-se por ampliar o escopo da análise e expandir os resultados em dois cenários distintos. O primeiro, levando em consideração a premissa inicial (VN + RL + APP) e o segundo, não considerando os valores encontrados para a classe APP (VN + RL). Essa medida foi adotada, a fim de não enviesar os resultados, tanto positiva quanto negativamente, logo, ao apresentar ambos os cenários, considera-se cumprido o fator de imparcialidade da premissa e o resultado de cada cenário será discutido posteriormente.

Em relação à classificação da imagem de satélite (Figura 2), foi identificado o valor de 28.983,71 ha, como representativo da classe “Vegetação Arbórea”, presente no município de Juiz de Fora. A validação da classificação foi realizada, utilizando o índice Kappa, cujo resultado foi de 0,96. Apontando uma excelente correlação, à medida que, quão mais próximo a 1, mais confiável se torna a classificação, reforçando a coerência e confiabilidade dos dados obtidos. Tal resultado fortalece a constatação da área de vegetação arbórea levantada pela classificação e transfere a incerteza e interpretação dos dados aos valores autodeclarados.

Antes do cálculo dos resultados, o primeiro adendo a ser esclarecido é que nas amostras coletadas para a classificação priorizou-se em determinar feições nitidamente florestais, entretanto, apesar dos índices de correlação serem de excelente qualidade, não é descartado que outras feições possam ter se mesclado durante a classificação, ou seja, o valor real apresentado na classificação pode ser ligeiramente menor. É o caso da Silvicultura. Em uma das classificações teste, a separação automática dessa classe se mostrou indissociável daquelas desejadas como resultado, com isso, a

medida adotada para reverter essa situação foi a individualização dessa classe a partir da delimitação manual e criação de uma nova feição para estimar seu valor, ou seja, constituiu um processo manual de observação, classificação e quantificação dessa classe específica. Assim, apesar de ainda constar nos valores totais resultantes da classificação, posteriormente, o valor referente a silvicultura foi subtraído dos resultados finais, descartando-a dos valores reais de vegetação nativa.

Partindo para os resultados (Tabela 3), tomando por base o merge das classes Vegetação Nativa, Reserva Legal e Área de Preservação Permanente, subtraídas as sobreposições, temos a construção do cenário 1. Já em relação ao cenário 2, foram adotadas as classes Vegetação Nativa e Reserva Legal, subtraídas as sobreposições, caracterizando-se pelas métricas:

TABELA 3 - Demonstrativo do agrupamento das classes e construção dos cenários.

Feature	Cenário 1: VN + RL + APP	Cenário 2: VN + RL
Count	6002	5359
Minimum	0	0
Maximum	2108,783186	531,096561
Sum	31.383,24 (ha)	23.168,30 (ha)
Mean	5,228797	4,32325
Standard Deviation	38,627552	16,517301
Nulls	0	0

Elaboração própria (2023).

A seguir, a Tabela 4 apresenta o resultado da comparação entre ambos os cenários, no qual foi realizado o cálculo subtraindo o valor declarado do valor classificado e eliminando o valor indesejado da feição silvicultura.

TABELA 4 - Resultado contendo os valores encontrados para ambos os cenários.

Cenário 1: VN + RL + APP (ha)		Cenário 2: VN + RL (ha)	
Vegetação Classificada	28.983,71	Vegetação Classificada	28.983,71
-		-	
Silvicultura	1.841,52	Silvicultura	1.841,52
-		-	
Vegetação Declarada	31.383,24	Vegetação Declarada	23.168,30
=	-4.241,05	=	3.973,89

Elaboração própria (2023).

Isto posto, podemos abstrair dois resultados distintos, um deficitário e outro excedente em relação ao valor classificado, o que justifica a apresentação de ambos os cenários. No cenário 1, levando em consideração a feição APP, a relação (Veg. Classificada – Veg. Declarada) resulta um valor negativo na casa de 4.241,05 ha, inferindo que há mais vegetação declarada nos imóveis rurais do que na realidade consta. Já considerando o cenário 2, o resultado mostra um saldo positivo de 3.973,89 ha, entre as feições eminentemente arbóreas declaradas e àquelas classificadas, ou seja, haveria mais vegetação real do que foi declarada.

Buscando entender tais diferenças, em relação as Áreas de Preservação Permanente, ponto crucial observado durante a elaboração dos resultados, corroborando o cenário 1, no que diz respeito a sua função ecológica, esta não vem sendo praticada satisfatoriamente, uma vez que, apesar de estarem devidamente declaradas conforme as exigências dos artigos regulatórios, a realidade não corresponde ao requerido, de modo que, a partir de análises visuais, nota-se que as cabeceiras dos fluxos de drenagem não apresentam vegetação satisfatória e que muitas vezes é nula. Ou seja, obedece aos parâmetros legais, estando corretamente demarcadas, porém não cumprem seu papel ecológico, o que acende um alerta em relação as áreas de APP do município. Outro aspecto relevante está relacionado à delimitação das propriedades por meio do módulo de cadastro rural, um *software* disponibilizado pelo SICAR para o registro dos imóveis. Ao realizar uma delimitação, seja de nascentes, lagos ou cursos hídricos, é criado automaticamente um buffer de acordo com a APP declarada. Embora essa abordagem facilite a definição dos limites exigidos, eliminando a necessidade de conhecimento específico da legislação e ou de mão de obra técnica qualificada, ela pode resultar em valores que não correspondem qualitativamente à feição declarada. Em resumo, a delimitação automática da APP, por meio do módulo de cadastro, embora facilite o processo, pode gerar valores que não correspondem à realidade da feição declarada.

Uma terceira razão deve-se ao fato de que a declaração feita para o CAR não leva em conta todas as diferentes características e peculiaridades das distintas feições de preservação permanente, ou seja, as diversas feições de APP se encontram agrupadas em uma única classe. A exemplo da diversidade de fisionomias de APP temos: APP's em faixas marginais; Ao redor de nascentes, lagoas e rios; Encostas com declividade superior a 45°; Restingas; Mangues; Veredas; Bordas de tabuleiros ou chapadas; Topo de morros, montes, montanhas e serras com altura mínima de 100 m e inclinação maior que 25°; Áreas com altitude maior que 1800m (SNIF, 2019). Desse modo, apesar de todas as fisionomias mencionadas acima terem, em comum, a condição de preservação permanente, elas apresentam características distintas e, segundo a definição *lato sensu* de APP, fica estabelecido que nem todas possuem a obrigatoriedade de serem recobertas por vegetação nativa, demonstrando uma deficiência na delimitação dessa classe por parte do CAR, e impedindo seu cômputo como feição vegetacional, como anseia o presente trabalho.

CONCLUSÕES

Apesar do núcleo municipal de Juiz de Fora ser eminentemente urbano, este possui três distritos circundantes, que, por sua vez, são majoritariamente rurais, e, sendo assim, a análise do atual projeto buscou dimensionar a cobertura vegetal arbórea do município de modo a ser um primeiro passo para análises mais aprofundadas, acerca do controle da vegetação a partir de instrumentos ambientais. A premissa inicial do projeto consistia em realizar uma comparação, entre a vegetação declarada pelos proprietários de imóveis rurais a partir do CAR e a verificação desses valores, mediante o resultado de uma classificação supervisionada, por meio de imagem de satélite, com o mesmo recorte. Fato é que, durante a análise dos resultados, foi evidenciada uma discrepância, no que diz respeito à feição APP, de modo a interferir significativamente nos resultados finais. Dessa forma, a fim de atender uma posição de neutralidade, mediante os dados, optou-se pela construção de dois cenários distintos, apresentando e discutindo suas características e repercussões.

Ao contrapor os dados declarados com os dados levantados, no primeiro cenário, levando em consideração as três feições declaradas: "Reserva Legal", "Vegetação Nativa" e "APP", o resultado apresentou um saldo negativo de 4.241,05 ha, em relação ao valor obtido na classificação. Inferindo uma declaração excedente das áreas vegetacionais nesse conjunto de feições. Já em relação ao segundo cenário, considerando-se apenas as feições "Reserva Legal" e "Vegetação Nativa" verificou-se um resultado positivo de 3.973,89 ha, entre a vegetação apurada e a vegetação declarada.

Mediante o exposto, conclui-se que, em relação à vegetação arbórea, apesar do valor declarado em Reserva Legal, na ausência de sobreposições, estar abaixo do requerido por lei para o estado de Minas Gerais, encontra-se nos imóveis rurais do município de Juiz de Fora, um excedente em relação ao mínimo exigido. Não obstante, em termos de preservação e conservação, é necessário estar atento às mudanças, para manter ou, idealmente, aprimorar esse cenário. Contudo, acende-se um alerta, no que diz respeito à feição relativa às APP, de modo que as instituições públicas municipais e estaduais exerçam vigilância de sua evolução e os cumprimentos de reparação, visto que, o CAR enquanto instrumento adotado, demonstrou limitações, no que diz respeito a essa classe, à medida que engloba todas as fisionomias de APP, em uma só categoria. A partir das constatações feitas no presente estudo, abrem-se novas teses e linhas de pesquisa, sendo uma delas, a possibilidade em trabalhos futuros da delimitação e individualização das classes de APP, identificando àquelas eminentemente arbóreas, a fim de tentar corroborar se a diferença, encontrada em ambos os cenários, poderia ser resultado da vegetação presente nessa feição específica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; (...) e dá outras providências. Brasília, DF, D.O.U., 28/05/2012.
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Cadastro Ambiental Rural (CAR):** Bases de Dados. Campinas: Embrapa, 2020. <https://www.embrapa.br/car/como-fizemos/bases-de-dados>

FACHIN, O. **Fundamentos de Metodologia.** São Paulo: Saraiva. 2001.

PANTOJA, M.A. *et al.* Uso de SIGs para análise de informações do Cadastro Ambiental Rural no município de Igarapé-Açu. In: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, 25-29 abr. 2015.

CAPÍTULO 57

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CASOS DE FEMINICÍDIO NO BRASIL DE 2018 A 2021

Gabriele R. Mack¹
Clarícia B. Pinho¹
Vitória Bernardes¹
Gustavo Mota de Sousa¹

1 – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. gabrielemack@ufrj.br; clariciabrito@gmail.com; vit.bernardes@ufrj.br; gustavoms@ufrj.br.

RESUMO

Esta pesquisa teve, por objetivo, cartografar os indicadores de feminicídio no Brasil durante os anos de 2018, 2019, 2020 e 2021 e identificar a discrepância entre os dados e as notificações e a realidade. Os dados quantitativos foram levantados a partir do FBSP e duas perspectivas foram tomadas: 1) casos de feminicídio em números absolutos. 2) taxa de feminicídio a cada 100mil habitantes. A partir de tais análises, dois eixos centrais foram denominados: distribuição espacial de feminicídio no Brasil (2018-2021) e a invisibilidade da violência contra mulher, que foi observada porque os dados não condizem com a realidade.

Palavras-chave: feminicídio; violência; Brasil; população.

ABSTRACT

This research aimed to map the indicators of femicide in Brazil during the years 2018, 2019, 2020 and 2021 and identify the discrepancy between data and notifications and reality. The quantitative data were collected from the FBSP and two perspectives were taken: 1) cases of femicide in absolute numbers. 2) femicide rate per 100mil inhabitants. From these analyzes, two central axes were called spatial distribution of femicide in Brazil (2018-2021) and the invisibility of violence against women that was observed because the data do not match reality.

Keywords: femicide; violence; Brazil; population.

INTRODUÇÃO

O termo “feminicídio” foi apresentado, pela primeira vez, no ano de 1976, no Tribunal Internacional de Crimes Contra Mulheres, em Bruxelas, devido ao assassinato de mulheres, apenas pelo fato de serem mulheres. Apenas em 2015, o Brasil passou a tipificar o crime de feminicídio em sua legislação - como uma qualificadora do homicídio doloso. O feminicídio é considerado quando o crime decorre de violência doméstica e familiar, em razão da condição de sexo feminino, em razão do menosprezo à condição feminina e em razão da discriminação à condição feminina (Bianchini; Bazzo; Chakian, 2022).

Desde o início da transição dos governos militares para o civil, no decorrer da década de 70, a questão da violência contra mulher tem estado no debate público, fortemente influenciado pelos movimentos feministas do Brasil. Graças a isso, tivemos, como resultado, a institucionalização da violência contra a mulher e mecanismos de defesa foram criados, como as delegacias da mulher, pela Lei 11.340/2006, que ficou conhecida como lei “Maria da Penha”, e a Lei 13.104/2015, conhecida como lei do feminicídio. A Lei Maria da Penha tem caráter de proteção e não de sanção, já a Lei do Feminicídio torna o mesmo um homicídio qualificado e o coloca na lista de crimes hediondos, com penas de 12 a 30 anos (Novo; 2021).

Se tratando de um fenômeno sociocultural, a violência contra a mulher não tem diminuído, a partir desses mecanismos, pelo contrário, os indicadores continuam em crescimento. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), uma em cada quatro mulheres, estando em um relacionamento, sofrerá violência, com idades entre 15 e 24 anos, e, aos vinte, já terá sofrido violência do seu parceiro (OMS; Nações Unidas; Brasil, 2021). Diante disso, é importante ressaltar que as subnotificações representam um dos maiores problemas de combate ao feminicídio, que, por ser uma legislação recente, dentro de uma cultura de violência contra a mulher, que nasce de forma totalmente normalizada.

A comparação dos registros de feminicídio com os homicídios dolosos de mulheres é merecer atenção, pois a lei do feminicídio é relativamente nova e espera-se que cada Estado brasileiro tenha desafios distintos na tipificação correta do crime. Tanto no trabalho de investigação das Polícias Cíveis, quanto no Judiciário, é comum que os profissionais tenham dificuldade de incorporar a perspectiva de gênero, com tendência a classificar como homicídio comum, casos que deveriam ser feminicídios, ou seja, aqueles casos em que as mulheres morreram, em razão de sua condição de gênero. Diante do desafio da subnotificação e dos esforços recentes do Conselho Nacional de Justiça, da ONU Mulheres, com protocolo para investigar e julgar feminicídios, por exemplo, e de tantos outros atores, na qualificação das equipes, é de se esperar que haja melhoria dos registros e, portanto, uma hipótese comumente apontada para o crescimento dos feminicídios seria a melhoria da qualidade da informação.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado a partir de três etapas que são expostas no fluxograma da Figura 1. A primeira etapa focou na coleta e na análise de dados do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP), relevantes para o tema do projeto. Nesta fase, o trabalho foi dividido, de acordo com a especialidade de cada participante. Cada membro da equipe assumiu a responsabilidade por uma área específica, aproveitando as suas respectivas expertises, para contribuir de maneira significativa ao projeto.

A segunda etapa consistiu em uma série de reuniões destinadas a debates e leituras. O objetivo dessas reuniões, foi definir a linha argumentativa e a perspectiva de análise, que orientarão o projeto. Durante esses encontros, os participantes discutiram diversas abordagens teóricas e metodológicas, alinhando-se em uma visão comum e estabelecendo um plano coerente para as fases subsequentes. Essa divisão de tarefas incluiu:

- Composição textual: responsável pela elaboração dos textos que compõem o corpo do projeto, garantindo coesão e clareza na comunicação das ideias;
- Produção cartográfica e edição de dados: encarregada da criação de mapas e gráficos, bem como da edição e organização dos dados coletados, proporcionando uma visualização clara e informativa das informações;
- Levantamento bibliográfico e composição textual: responsável por realizar uma extensa revisão da literatura existente sobre o tema, além de contribuir com a escrita dos textos, incorporando referências bibliográficas relevantes e atualizadas.

Essas etapas foram fundamentais para a construção do projeto e dos produtos finais, que consistem nos mapas de feminicídio, para os anos de 2018 a 2021, tanto os casos totais quanto os casos a cada 100 mil habitantes, que nos permite uma análise aprofundada e uma apresentação clara dos resultados. A colaboração eficiente e a divisão de tarefas, de acordo com as habilidades individuais, garantiram a qualidade e a eficácia do trabalho final.

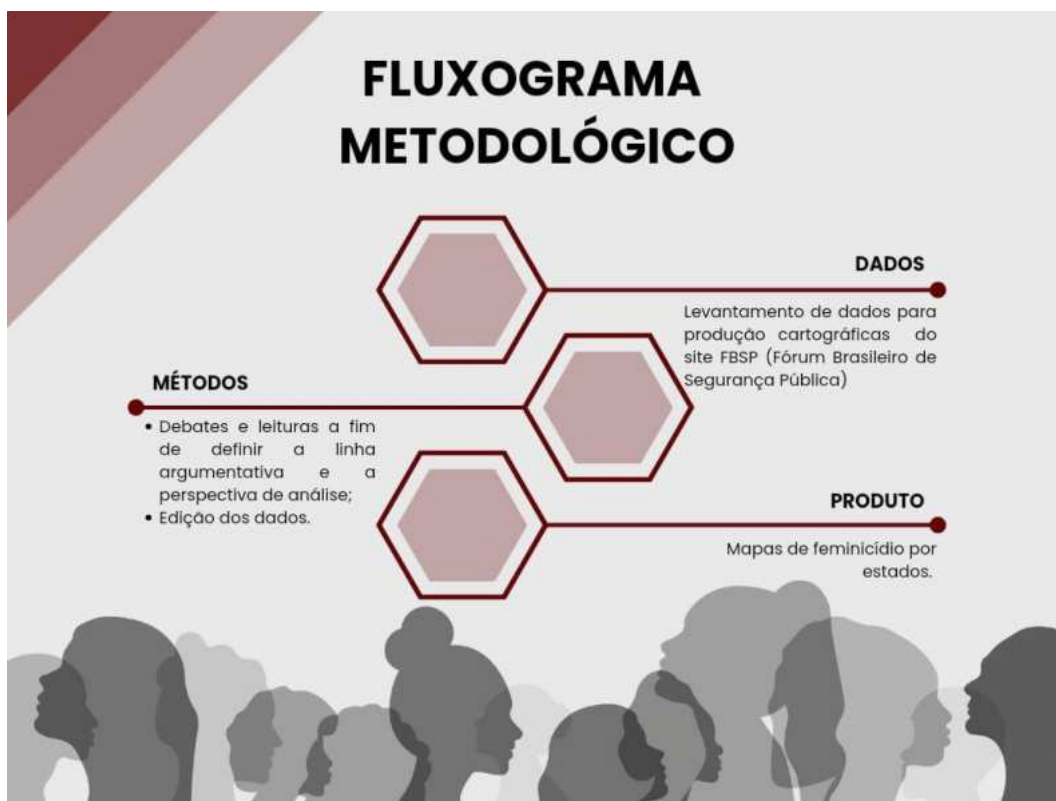


FIGURA 1 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

RESULTADOS

Os casos totais de feminicídio por estado demonstram que São Paulo e Minas Gerais foram os Estados que registraram mais ocorrências, totalizando 635 e 606, respectivamente, ao longo dos últimos 4 anos, colocando-os em 1º e 2º lugar entre os estados com mais casos de feminicídio (Figura 2). A Figura 2 (a) ilustra os casos de feminicídio para o ano de 2018, em sequência, a Figura 2 (b) para o ano de 2019, Figura 2 (c) 2020 e Figura 2 (d) para 2021. Entretanto, não podemos limitar a análise, apenas aos números totais, é crucial considerar o tamanho da população para uma análise mais próxima da realidade.

A densidade populacional dos estados revela uma tendência que altera a distribuição espacial do feminicídio no Brasil (Figura 3). A Figura 3 (a) ilustra os casos de feminicídio a cada 100 mil habitantes para o ano de 2018 em sequência a Figura 2 (b) para o ano de 2019, Figura 3 (c) 2020 e Figura 3 (d) para 2021. Mato Grosso destaca-se como o estado com a maior taxa, registrando 3,56 casos a cada 100 mil habitantes. Ao comparar o número de registros de casos com os dados populacionais, observamos que os estados de São Paulo e Minas Gerais apresentaram taxas baixas e medianas, respectivamente. Quando incorporamos o fator populacional, o Acre assume a 1ª posição, seguido por Mato Grosso em 2º lugar.

Essa mudança nos valores torna-se evidente ao compararmos os mapas das figuras 2 e 3. Por exemplo, São Paulo, que em 2018 estava na última classificação (121-186 casos), passa para a primeira classificação (0,20-0,59 casos por 100 mil habitantes), quando ajustados os dados pela população.

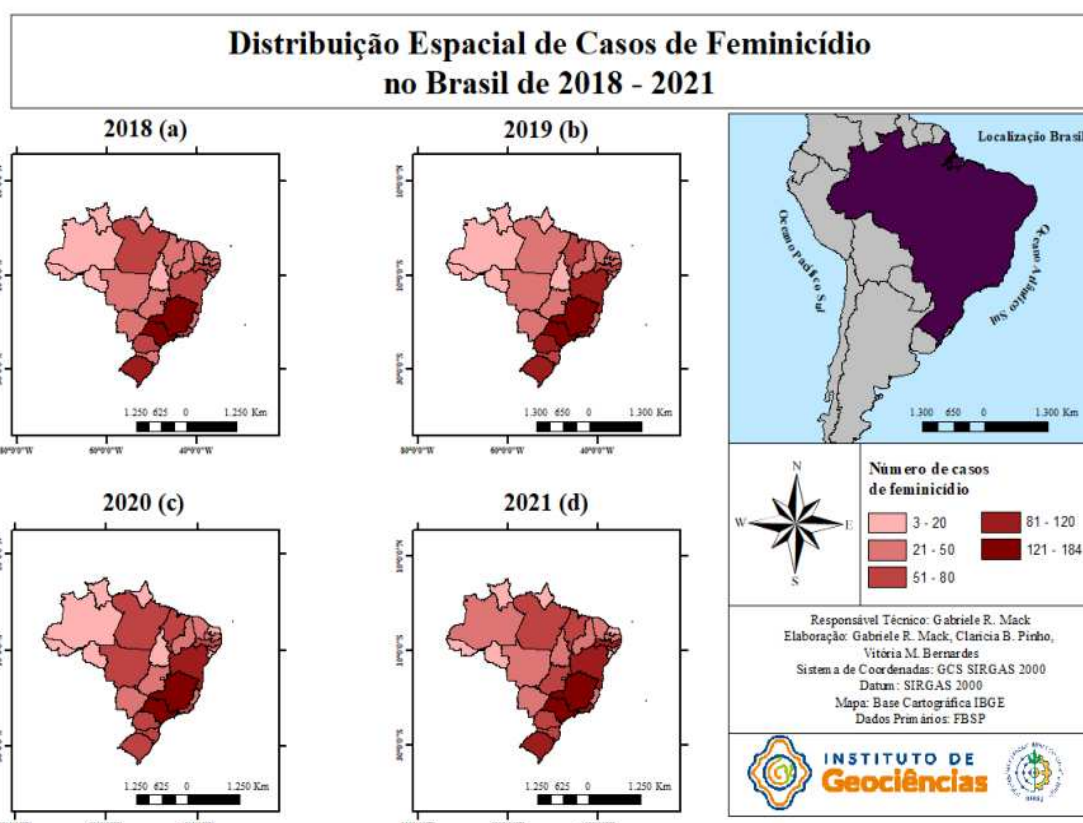


FIGURA 2 - Mapa de casos de feminicídio totais no Brasil: a) 2018, b) 2019, c) 2020 e d) 2021. Elaboração própria.

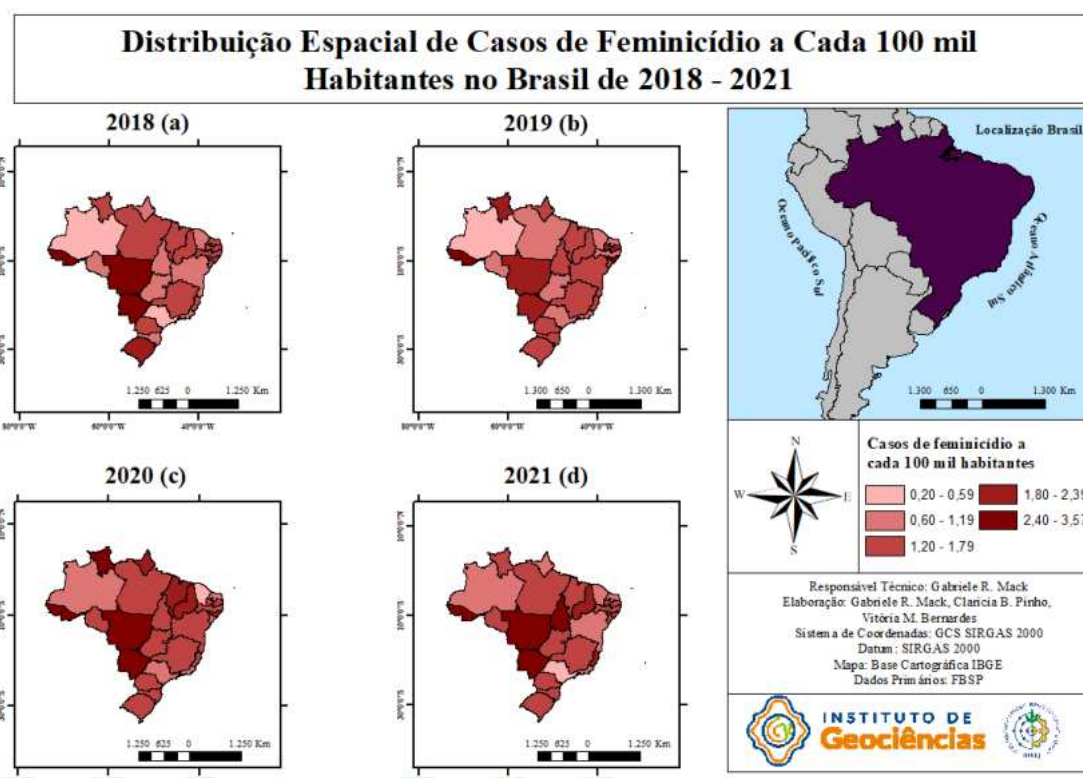


FIGURA 3 - Mapa de casos de feminicídio a cada 100 mil habitantes no Brasil: a) 2018, b) 2019, c) 2020 e d) 2021. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A análise dos dados sobre feminicídio nos estados brasileiros merece considerações, não somente nos casos totais. A população de cada estado traz uma interpretação mais próxima da realidade, porque os estados com mais casos de feminicídio não foram os que tiveram maiores taxas a cada 100 mil habitantes. Ao criar um mapa para os casos totais e outro, para as taxas, levando em consideração a população, podemos observar, por meio da mudança de cores dos mapas, que, para entender quais os estados mais afetados pelo feminicídio, é essencial ter consideração com o fator populacional.

Os maiores registros de casos absolutos para São Paulo e Minas Gerais podem indicar que eles são os mais afetados, entretanto, estão entre os estados mais populosos, o que tornou as suas taxas menores. Enquanto isso, o Acre, que estava entre os cinco estados com menor número de casos, foi o que possuiu a maior média de taxas, ao longo dos anos observados. Sendo assim, é de suma importância, considerar os fatores populacionais, já que eles fornecem uma melhor compreensão da magnitude do problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCHINI, A.; BAZZO, M.; CHAKIAN, S. **Crimes contra mulheres**. 4. ed. São Paulo: Editora JusPodivm, 2022.

BRASIL. **Lei n. 11.340, de 7 de agosto de 2006** (Lei Maria da Penha). Brasília, DF: D.O.U., 08/08/2006.
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11340.htm

BRASIL. **Lei n. 13.104, de 09 de março de 2015** (Lei do Feminicídio). Brasília, DF: D.O.U., 10/03/2015.
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13104.htm

IPEA e FBSP. **Atlas da Violência 2020**. Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2020.
<https://forumseguranca.org.br/>

NAÇÕES UNIDAS; OMS (Organização Mundial da Saúde). **Uma em cada três mulheres no mundo todo sofre violência**. Nações Unidas Brasil, 10 mar. 2021. <https://brasil.un.org/pt-br/115652-oms-uma-em-cada-3-mulheres-em-todo-o-mundo-sofre-viol%C3%Aancia>

NOVO, B.N. **A Lei Maria da Penha e os Casos de Feminicídio**. JUS Brasil, 2021.
<https://www.jusbrasil.com.br/artigos/a-lei-maria-da-penha-e-os-casos-de-feminicidio/1280311699>

CAPÍTULO 58

ELEIÇÕES DE 2018 E 2022: ANÁLISE COMPARATIVA DO PRIMEIRO TURNO DAS ELEIÇÕES PARA PRESIDENTE DA REPÚBLICA E GOVERNADOR EM BELO HORIZONTE

Marcelo Correa Motta Roriz¹
Camila Azevedo de Andrade¹
Carolina Paulino Novaes Dias¹
Mariana Aparecida Calheiros Amorim¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Sl. G-025. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. rorizmarcelo@gmail.com; camilaazeandrade@gmail.com; carolinanovaesd@gmail.com; mariamorim1902@gmail.com.

RESUMO

As eleições gerais do Brasil, que ocorreram nos anos de 2018 e 2022, marcaram o cenário político nacional, visto que ocorreram uma série de conflitos democráticos entre grupos com interesses distintos. Neste contexto, observou-se que a cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, apresentava um número significativo de zonas eleitorais e candidatos com percentuais altos de votos e, por isso, mostrou-se relevante para realizar uma análise da conjuntura do Brasil nestes dois momentos. Portanto, este trabalho tem como principal objetivo realizar uma análise comparativa espaço-temporal dos cargos de Presidente da República e Governador nas eleições do primeiro turno de 2018 e 2022, em Belo Horizonte- MG, que tiveram os partidos de seus candidatos divididos por espectro político. Como objetivo específico, tem-se relacionar os resultados por cargo e por ano de eleição com as variáveis renda e raça e cor. Para que isto fosse realizado, foi-se extraído os dados de zonas eleitorais no site do Tribunal Regional Eleitoral de Minas Gerais (TRE-MG), os dados de votos no site do Tribunal Superior Eleitoral (TSE-MG) e, por fim, os dados das variáveis escolhidas no Censo Demográfico do Brasil de 2010. Respondendo aos objetivos, observou-se uma distinção de espectro político, a depender do cargo e a da zona eleitoral, esta última, que possui ampla relação com as variáveis.

Palavras-chave: eleições; geoprocessamento; espectro político; voto; geografia eleitoral.

ABSTRACT

The elections that took place in 2018 and 2022 marked the national political scenario, as a series of democratic conflicts occurred between groups with different interests. In this context, it was noted that the city of Belo Horizonte, capital of the state of Minas Gerais, presented a significant number of electoral zones and candidates with high percentages of votes and, therefore, proved to be relevant to carry out an analysis of the situation in Brazil in these two periods. Therefore, this work's main objective is to carry out a spatio-temporal comparative analysis of the political offices of President of the Republic and Governor in the first round in 2018 and 2022 elections in Belo Horizonte- MG, which had their candidates' parties divided by political spectrum, by the group. As a specific objective, we aim to relate the results by load and by election year with the variables income and race and color. For this to be carried out, data on electoral zones were extracted from the website of the Regional Electoral Court of Minas Gerais (TRE-MG), vote data from the website of the Superior Electoral Court (TSE-MG) and, finally, data of the variables chosen in the 2010 Demographic Census. Responding to the objectives, a distinction of political spectrum was decided depending on the load and the electoral zone, the latter having a broad relationship with the variables.

Keywords: elections; geoprocessing; political spectrum; vote; electoral geography.

INTRODUÇÃO

O sistema político brasileiro é uma Democracia Representativa, tipo de sistema em que o voto é o principal meio para que os cidadãos elejam representantes e participem da arena política. Segundo Castro (2005), na Democracia moderna, os sistemas de representação política têm como fundamento a participação popular, que atinge seu ápice no direito ao voto de todo cidadão. A partir disso, no contexto do primeiro turno das eleições gerais, em Belo Horizonte, nos anos de 2018 e 2022, para os cargos de Presidência da República e de Governador, a participação popular se deu, por meio de conflitos democráticos, que são provenientes de grupos de eleitores com diferentes interesses. Tais divergências são comuns num sistema democrático, marcado pela coexistência dos diferentes. A capital do estado de Minas Gerais foi selecionada para este trabalho, pois obteve um número significativo de zonas eleitorais e, no momento estudado, candidatos de diferentes espectros políticos obtiveram altos percentuais de votos.

Portanto, este estudo tem como principal objetivo realizar uma análise comparativa espaço-temporal dos cargos de Presidente da República e Governador, nas eleições do primeiro turno de 2018 e 2022, em Belo Horizonte (MG), que tiveram os partidos de seus candidatos divididos por espectro político. Como objetivo específico, tem-se relacionar os resultados por cargo e por ano de eleição com as variáveis “renda” e “raça e cor”. Em suma, vamos propor a análise, por meio do manejo de dados, sobre como ocorreram os votos e como eles foram espacializados nas 18 zonas eleitorais (Figura 1), presentes na cidade de Belo Horizonte. Estas zonas estão numeradas de 26 a 39 e de 331 a 334.

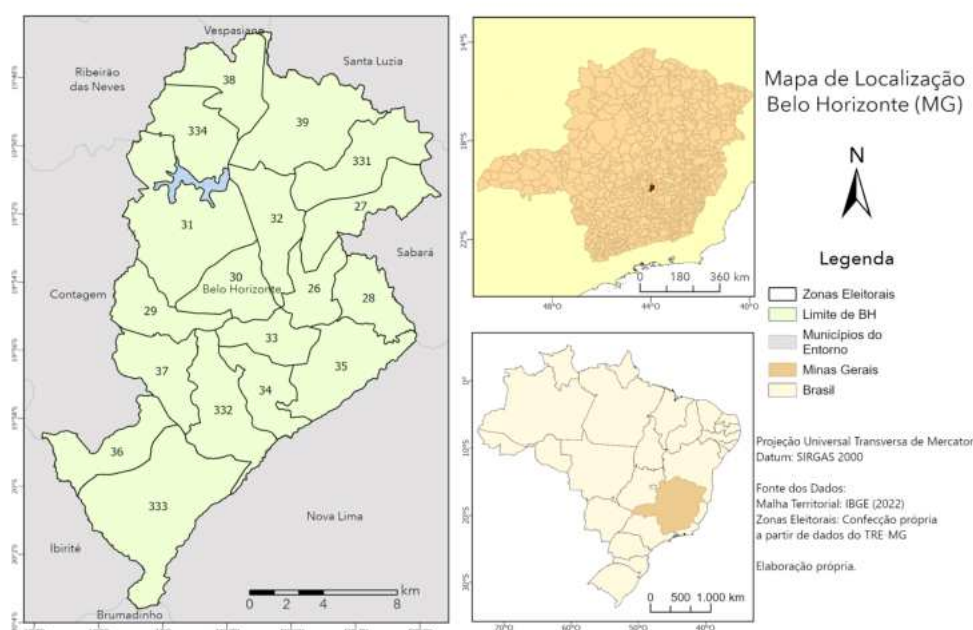


FIGURA 1 - Mapa de localização das Zonas Eleitorais de Belo Horizonte (MG). Elaboração própria.

É possível perceber que o voto é um fenômeno espacial, sendo viável buscar encontrar e entender padrões de voto no território, com correlações espaciais e temporais e, sobretudo, do mapeamento. Ademais, dentro do espaço da cidade, através de processos urbanos de segregação, os grupos sociais se dividem espacialmente, formando áreas sociais (Corrêa, 1989). O que reflete também na dinâmica das eleições, mostrando locais com tendências de voto dentro do espaço da cidade. As variáveis “cor e raça” e “renda” foram selecionadas, para complementar o entendimento sobre o perfil eleitoral da cidade. Por fim, o critério utilizado para a seleção dos cargos foi o tipo de voto, pois os dois se elegem, a partir do sistema eleitoral majoritário, que é o tipo de votação, que concede a vitória ao candidato ou candidata, que obtiver a maior quantidade de votos dentro de um Distrito Eleitoral.

METODOLOGIA

Para a elaboração dos mapas deste trabalho e o entendimento do padrão espacial do voto nas eleições pretendidas, foi utilizado o arquivo de dados das Zonas Eleitorais (em *shapefile*), o qual foi buscado no *website* do Tribunal Regional Eleitoral de Minas Gerais (TRE-MG), e recolhido um arquivo em formato PDF, com a relação entre os bairros e as zonas. Depois, foi coletado um *shapefile* de bairros populares, no portal BH MAP (<http://bhmap.pbh.gov.br/>), que foi editado com a rotina *Merge* do ArcMap, para a delimitação das zonas, a partir do PDF obtido.

Após a obtenção do *shapefile* das Zonas, o passo seguinte, consistiu na obtenção dos dados do primeiro turno das eleições de 2018 e 2022, recolhidos, a partir do site de informações geográficas do Tribunal Superior Eleitoral (SIG-TSE), e também das variáveis selecionadas de renda e raça/cor, obtidas do Censo Demográfico do Brasil de 2010.

Tanto as eleições de 2018 quanto as de 2022, foram bastante polarizadas. Isso foi um fator importante para que fossem separados os candidatos por espectros políticos, aliado ao fato de que assim, seria facilitada a comunicação e o entendimento do mapa. Desse modo, a partir do partido em que eles estavam vinculados, dividimos os votos em 3 espectros políticos, de acordo com o que os próprios partidos se intitulam: esquerda, centro e direita. A disposição dos partidos, de acordo com cada parte, está exposta no Quadro 1. Os dados foram então organizados em planilhas no Microsoft Excel e, posteriormente, vinculados aos mapas a partir da função *Join*.

QUADRO 1 - Divisão dos partidos por espectro político.

Espectro Político	Esquerda	Centro	Direita
Partido	PC do B, PCB, PCO, PDT, PMN, PSB, PSOL, PSTU, PT, PV, REDE, SOL, UP, PPL	PSDB, MDB, PODE, PROS, PHS, AVANTE, CIDADANIA*, PSD	PL, NOVO, PMB, DC, PP, PRTB, PSC, DEM, PRP, UNIÃO, PSL, PTB, REPUBLICANOS*, AGIR*

Elaboração própria. * Notas: esses partidos mudaram de nome e sigla, ao longo do período de tempo estudado pelo grupo. O Partido Popular Socialista (PPS) tornou-se o CIDADANIA, em março de 2019; o Partido Republicano Brasileiro (PRB), REPUBLICANOS, em agosto do mesmo ano; e o Partido Trabalhista Cristão (PTC) teve a mudança do nome para AGIR, validado pelo TSE, em março de 2022.

Como os dados foram obtidos na escala espacial de setores censitários, através do ArcMap, foram delimitados os setores presentes em cada zona, por meio da função *Intersect*. Após isso, obteve-se a soma das variáveis de raça/cor, transferindo os valores para uma planilha do Microsoft Excel. A variável de renda média permaneceu na escala espacial de setores censitários. Por fim, com as tabelas já elaboradas para transferir para o ArcMap, foram produzidos os mapas, com as diferentes técnicas e as estatísticas obtidas de cada Zona.

RESULTADOS

Como resultados desta análise comparativa, foi possível observar que, entre as eleições do primeiro turno de 2018 e 2022, houve alterações quanto ao número de candidatos, por cargo do executivo e quanto à quantidade de votos válidos, por espectro político. Em 2018, houve 13 candidatos à presidência e, em 2022, 11 candidaturas. No entanto, os votos foram bastante concentrados em poucos candidatos, onde os 3 primeiros obtiveram, somados, mais da metade dos votos.

Como os mapas da Figura 2 demonstram, o percentual de votos para o candidato Jair Messias Bolsonaro foi o maior nas duas eleições, com destaque para 2018, onde venceu em todas as zonas eleitorais. Em 2022, no entanto, Luís Inácio Lula da Silva obteve os maiores votos, em 3 das 18 zonas eleitorais, que, anteriormente, apresentaram maior votação para Bolsonaro. Ainda assim, as votações entre os dois candidatos foram muito acirradas, sobretudo, quando comparado ao ano de 2018. O processo exposto, porém, demonstra que os votos a Bolsonaro se mantiveram próximos daquilo que foi em 2018, tendo diminuído, no máximo, 5%. Ao mesmo tempo, o PT (representado por Fernando Haddad em 2018 e por Lula em 2022) obteve aumentos em todas as zonas eleitorais, chegando a até 20%, em algumas.

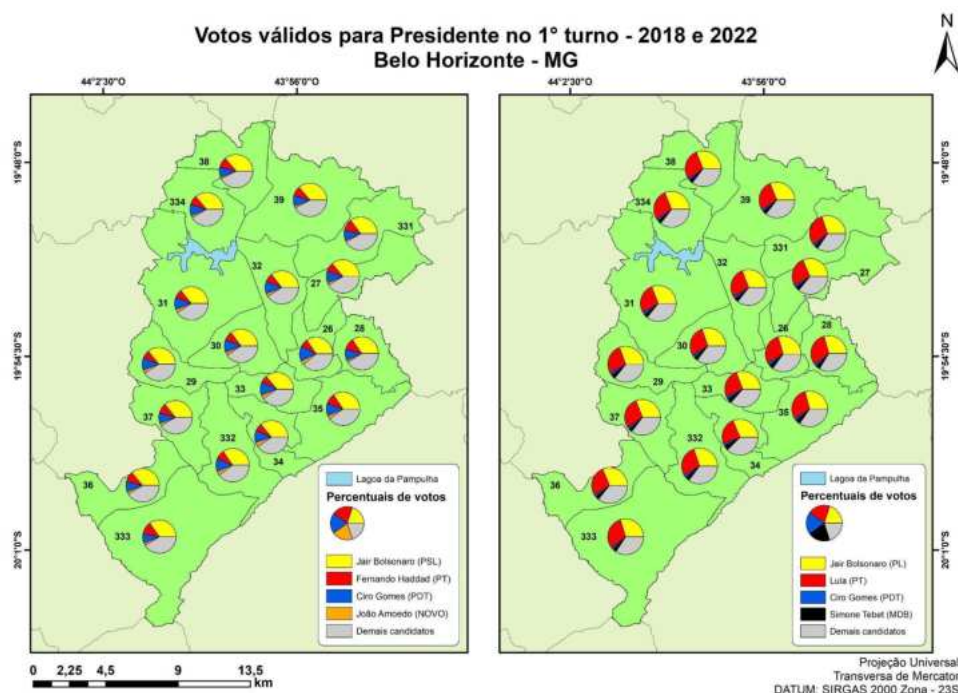


FIGURA 2 - Percentuais de votos válidos dos 4 candidatos mais votados para Presidente em 2018 e 2022. Fonte: Malha territorial (IBGE) e número de votos válidos (SIG-TSE). Elaboração própria.

Atribui-se a responsabilidade desta mudança ao “efeito Lula”, este evento que se refere à candidatura do político Luiz Inácio Lula da Silva (PT), que já concorreu às eleições presidenciais outras vezes, saindo vitorioso em duas delas. Concorrendo também no ano de 2022, foi capaz de atrair votos para a esquerda. Este “efeito Lula” influenciou outros cargos políticos, atraindo também votos válidos à esquerda, para além da Presidência da República. Lula, porém, não parece ter captado muito dos votos de Bolsonaro, mas sim de Ciro Gomes – que havia obtido mais votos que Haddad, em 13 das 18 zonas eleitorais, em 2018 – e de outros candidatos com menor porcentagem de votos. Dito isto, este cenário resultou numa eleição polarizada, em que estes dois candidatos estavam em duas extremidades distintas, cada uma delas em relevante número de apoiadores.

A polarização se mantém quanto ao cargo de governador, durante as duas eleições. Todavia, se dá de modo bastante distinto (Figura 3). A partir desses mapas, é possível perceber que, em 2018, Romeu Zema (NOVO) foi para o segundo turno com Antonio Anastasia (PSDB). No entanto, a esquerda obteve um percentual relevante dos votos, principalmente na figura de Fernando Pimentel (PT). Em 2022, o Partido dos Trabalhadores (PT) não indicou um candidato a governador para Belo Horizonte, pois participou de uma coligação com o PSD e o PSB na candidatura do ex-prefeito de BH Alexandre Kalil (PSD), colocando André Quintão (PT), como vice. O Partido Social Democrático (PSD) é considerado como centro, o que permite explicar a redução de votos válidos à esquerda e a elevação para o centro (Figura 3). Já a coligação, não se mostrou efetiva, visto que o candidato pelo partido NOVO obteve um maior número de votos e se reelegeu ainda no primeiro turno.

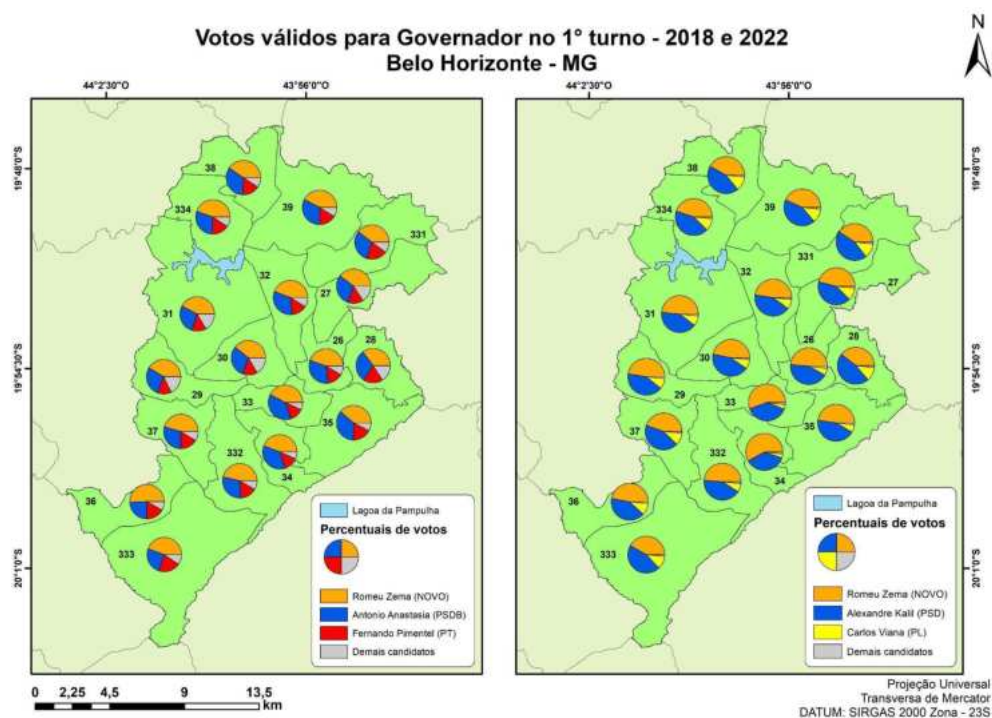


FIGURA 3 - Percentuais de votos válidos dos 3 candidatos mais votados para Governador em 2018 e 2022.
Fontes: Malha territorial (IBGE) e número de votos válidos (SIG-TSE). Elaboração própria.

Por último, as duas variáveis selecionadas, renda e raça e cor, são sintetizadas na figura 4. Para compreender a primeira, foi feito um percentual de pessoas com renda de até 2 salários mínimos, para serem especializadas por meio das zonas eleitorais. Para a segunda variável, foram observadas as pessoas que se identificaram como brancas e negras, também ponderadas pelas zonas de Belo Horizonte, as pessoas indígenas e amarelas não foram consideradas, por apresentarem um percentual pouco expressivo.

Com o objetivo de compreender a espacialização dessas variáveis, foi elaborado o mapa B. Este é um mapa coroplético, isto é, um mapa que possui a saturação de cor variável para representar a informação de forma quantitativa, e, neste caso, pode-se observar a variação na renda. Enquanto isso, para o percentual de raça, foram feitos gráficos de setores, por ter sido considerada a maneira de mais fácil visualização desta variável.

A partir da Figura 4, é possível constatar que a espacialização das variáveis se correlacionam entre si e no espaço e, por isso, não devem ser pensadas separadamente. Sendo assim, observa-se que as zonas 26, 33 e 34 apresentam os menores percentuais de pessoas com renda de até 2 salários mínimos, ao mesmo tempo, que apresenta os maiores percentuais de pessoas brancas. Nas duas últimas zonas eleitorais, que pertencem à região Centro-Sul da cidade de Belo Horizonte, localiza-se a sede administrativa da cidade e também, a mais densamente povoada. Conforme se afasta dessas três zonas, 26, 33 e 34; o percentual, tanto de pessoas com até 2 salários mínimos, quanto de pessoas negras, aumenta, de modo gradual e, de tal modo, que as zonas mais afastadas, como, por exemplo, 331 e 333, apresentam os maiores percentuais de pessoas, com até 2 salários mínimos, associados a um grande percentual de pessoas negras.

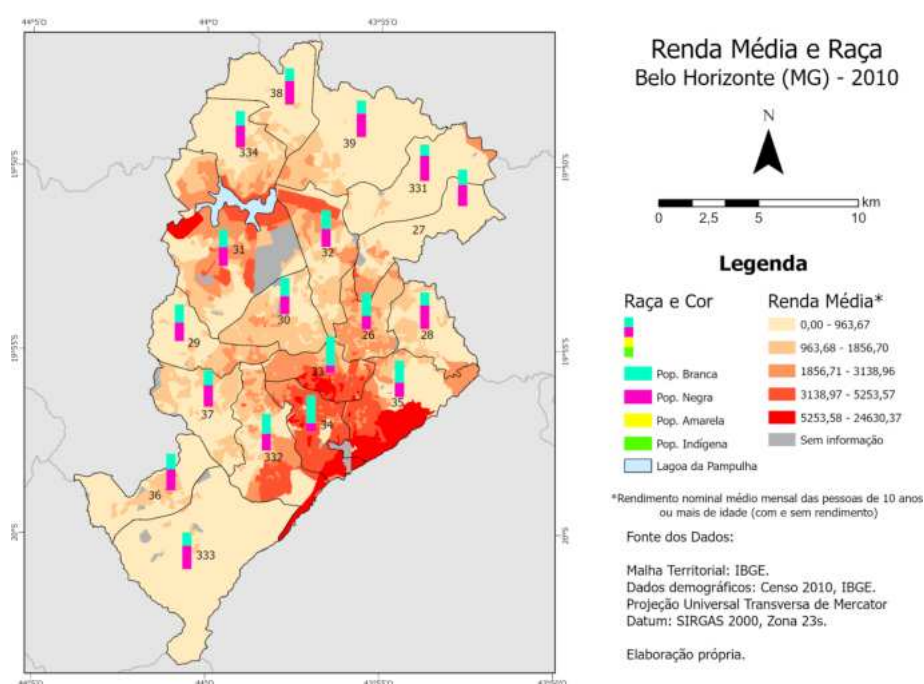


FIGURA 4 - Variáveis de “raça e cor” e “renda média” em 2010 no município de Belo Horizonte. Fonte: Malha territorial e Dados demográficos por setor censitário (IBGE). Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A partir da análise apresentada neste capítulo, foi possível estudar e refletir sobre as eleições de primeiro turno para os cargos de presidente e governador, nos anos de 2018 e 2022, em Belo Horizonte, englobando 18 zonas eleitorais. Dito isto, foi nítido perceber que estes dois cargos se comportaram de forma diferente. No caso do cargo de governador, houve um significativo aumento da porcentagem de votos para a direita e para o centro entre as duas eleições, enquanto que, para o cargo de presidente, ocorreu uma diminuição de votos para o centro.

Desse modo, se faz necessário nomear alguns políticos, entre candidatos e eleitos, que, após os resultados das análises, consideramos interessantes para uma ou as duas eleições, abordadas neste estudo. Os políticos são: o governador reeleito Romeu Zema, o presidente eleito em 2022, Lula, a ex-presidente Dilma Rousseff e o ex-presidente Jair Bolsonaro. Estes políticos influenciaram a votação nas zonas eleitorais, tanto em relação às altas porcentagens, tendo relevância para a quantidade de votos do espectro que representaram (como é o caso do Zema e da Dilma), quanto em relação à apoio político, o atual presidente Lula apoiou o candidato Alexandre Silveira, que não se elegeu, e o candidato Bolsonaro apoiou o Zema, que conseguiu a reeleição, diferentemente do ex-presidente, que o apoiou. Assim, é possível perceber que os cargos se relacionam, a partir dos apoios políticos, e são influenciados, não só pela pessoa ou pelas propostas de quem vai ser votada, mas também por seus apoiadores, e como estão sua força política nas zonas eleitorais.

Por fim, as variáveis foram propostas com o intuito de ter uma melhor interpretação do perfil dos eleitores por zona eleitoral de Belo Horizonte e também, para ser possível fazer correlações entre as zonas e os espectros dos votos válidos de cada zona. Assim, em conjunto, foi viável, não só fazer a relação, como também, compreender os cenários que tendem a um espectro político, ou que não tem um perfil de se inclinar para todos os espectros, ou ainda, para um deles. Concluindo assim, que as zonas se portam de forma diferente e podem mudar seu comportamento, de forma significativa, em relação aos cargos e/ou as eleições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, I.E. **Geografia e Política**: território, escalas de ação e instituições. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CORRÊA, R.L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: resultados do universo por setor censitário. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico do Brasil de 2010**. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Downloads**. <https://downloads.ibge.gov.br/>

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Malhas territoriais**. 2022. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Visualizador BH MAP. <https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=4&lat=7796893.0925&lon=609250.9075&baselayer=base>

TRE-MG (Tribunal Regional Eleitoral). **Informações sobre o funcionamento das zonas eleitorais**. <https://www.tre-mg.jus.br/eleitor/zonas-eleitorais/informacoes-sobre-o-funcionamento-das-zonas-eleitorais>

TSE (Tribunal Superior Eleitoral). **Estatísticas de Eleição**. <https://sig.tse.jus.br/ords/dwapr/seai/r/sig-eleicao-resultados/resultado-da-elei%C3%A7%C3%A3o?session=101036454833149>

CAPÍTULO 59

EXPANSÃO DA URBANIZAÇÃO E A INFLUÊNCIA NA TEMPERATURA DO AR DO OESTE METROPOLITANO: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO FAZENDA CAXIAS – SEROPÉDICA – RJ

Mayara de Souza Lopes¹

Heitor Soares de Farias¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. ma_yara_lopes@hotmail.com; heisofa@gmail.com.

RESUMO

A expansão das áreas construídas e, por consequência a diminuição das áreas verdes é um dos agentes modificadores dos microclimas locais, que ocorre devido às alterações no uso do solo pela sociedade. Com o aumento de ações antrópicas, os climas das cidades vêm se alterando, e consequentemente, as vidas das pessoas que ali vivem também são afetadas pela geração de ilhas de calor urbano e de desconforto térmico, devido à alta temperatura acumulada. Desse modo, o objetivo geral deste artigo é compreender o impacto sobre a temperatura no bairro Fazenda Caxias no município de Seropédica (RJ). A presente pesquisa deu-se a partir do monitoramento da temperatura do ar por aparelhos *Data Logger*, instalados em três diferentes pontos no bairro, a fim de identificar variações de temperatura, correlacionadas com as variáveis de ocupação do solo. Foram identificadas maiores temperaturas nas áreas de maior adensamento urbano e pouca vegetação, e menor temperatura na área rural, com maior percentual de áreas verdes, nas proximidades do campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A cidade é um grande modificador do clima urbano, devido às intensas atividades humanas. O clima urbano pode ser definido pela soma de modificações, causadas pelo processo de urbanização da superfície terrestre, e da mediação dessa urbanização de uma determinada localidade.

.Palavras-chave: microclima; temperatura; estresse térmico; áreas verdes.

ABSTRACT

The expansion of built-up areas and, consequently, the reduction of green areas is one of the modifying agents of local microclimates that occurs due to changes in land use by society. With the increase of anthropic actions, the climates of cities have been changing, and consequently, the lives of people who live there are also affected by the generation of urban heat islands and thermal discomfort due to the high accumulated temperature. Thus, the general objective of this article is to understand the impact on the temperature in the Fazenda Caxias neighborhood in the municipality of Seropédica, Rio de Janeiro. This research was based on the monitoring of air temperature by Data Logger devices installed at three different points in the neighborhood in order to identify temperature variations correlated with land occupation variables. Higher temperatures were identified in areas with greater urban density and little vegetation, and lower temperatures in the rural area, with a higher percentage of green areas, close to the campus of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ). The city is a great modifier of the urban climate due to intense human activities. The urban climate can be defined by the sum of modifications caused by the process of urbanization of the earth's surface and the mediation of this urbanization of a given location.

.Keywords: microclimate; temperature; heat stress; green areas.

INTRODUÇÃO

As áreas urbanas podem ser entendidas, como fruto da relação entre o homem e natureza, sendo exemplos de paisagens únicas, transformadas nessa relação. Contudo, o modelo de desenvolvimento industrial orientou os grandes centros urbanos à produção de espaços, que atendiam às demandas da reprodução do grande capital, produzindo diversos impactos ambientais, como inundações, movimentos de massa, poluição atmosférica e ilhas de calor.

Para Nucci (2014), a cidade pode ser considerada como um sistema natural, uma vez que se trata de um sistema, onde mudanças em seu interior podem alterar o funcionamento do todo, dependendo de como estas partes estão interligadas e interdependentes entre si. A forma como componentes estão dispostos e conectados ao geossistemas infere a forma como a cidade estará suscetível aos impactos ambientais (Rodriguez *et al.*, 2017, p. 168).

Essas mudanças drásticas na paisagem e nos ecossistemas não são sentidas de forma igualitária, entre os grupos sociais que utilizam o espaço urbano. Viégas (2006) aponta que áreas periféricas, como a Baixada Fluminense, funcionam como verdadeiras “zonas de sacrifício”, onde a população de mais baixa renda é segregada e alvo de inúmeros impactos ambientais, como os citados anteriormente, além da falta de contato com ambientes naturais, que, segundo Londe e Mendes (2014), interferem diretamente no bem-estar psicológico da população.

As áreas verdes são importantes para a qualidade ambiental das cidades, já que assumem um papel de equilíbrio, entre o espaço modificado para o assentamento urbano e o meio ambiente (Lima; Amorim, 2006). Consideradas como indicadores para a avaliação da qualidade ambiental, a ausência das mesmas, causa interferência na qualidade de vida da população, já que estas, oferecem múltiplos serviços ecossistêmicos. Assim, as áreas verdes trazem um equilíbrio entre o espaço urbano e o meio ambiente natural e mantêm o equilíbrio dentro das cidades. A presença do “verde” traz benefícios, como a filtragem do ar, o lazer para a população e também evita o desconforto térmico e as alterações nos microclimas das cidades, pontos que causam interferência no ambiente e na vida urbana (Monteiro, 1975).

A partir disso, torna-se necessária uma maior importância, quanto à análise espacial do uso e cobertura da terra, identificando o crescimento das cidades, em contrapartida à retração e/ou expansão de áreas verdes; bem como, o aumento de áreas degradadas refletem nas fragilidades socioambientais locais. Tais elementos destacados são fundamentais, a serem identificados, ao propor políticas públicas, como também para traçar planos de ação de planejamento e reordenamento territoriais, visto que viver em um ambiente sadio e equilibrado é um direito de todos.

Com isso, volta-se a atenção para espaços, como a região metropolitana do Rio de Janeiro, caracterizada pelo intenso adensamento urbano, por concentrar mais de 70% da população do estado. Trata-se de uma região altamente favorável à formação de ilhas de calor, sustentadas pelos núcleos mais quentes, que podem chegar a 70 ° C, com estes redutos sendo impulsionados por grandes vias ou por áreas obsoletas ou degradadas, e grandes galpões, ou espaços de indústrias e fábricas. Desse modo, existe a necessidade de manter as áreas vegetadas e ampliar os “enclaves verdes” no “urbano”, como praças e parques (Lucena *et al.*, 2012, p. 19).

Tendo em vista que o processo de urbanização na metrópole do Rio de Janeiro avança com mais velocidade no sentido da borda oeste, que vem sendo chamado de Oeste Metropolitano, promovendo alterações no uso do solo, áreas vegetadas dando lugar a espaços construídos, nos interessa saber o quanto essas áreas concentram energia térmica e influenciam no conforto térmico da população.

O recorte espacial escolhido foi o bairro Fazenda Caxias, no município de Seropédica (Figura 1), na franja rural-urbana da metrópole do Rio de Janeiro. Seropédica faz parte da Baixada Fluminense, periferia da capital do Rio de Janeiro, que abrange ainda diversos outros municípios, sendo a segunda região mais importante economicamente do Estado do Rio de Janeiro, estando envolvida em conflitos ambientais, devido ao grande crescimento urbano-industrial desordenado.

O município de Seropédica apresentou crescimento urbano significativo nos últimos anos. De acordo com dados do IBGE, no ano de 2000, a população era de 65.260 habitantes, passando para 78.186 pessoas, em 2010; e, atualmente, possui uma população de 80.596 pessoas (IBGE, 2022). É perceptível, o quanto a cidade cresceu nos últimos 20 anos. Os fluxos fazem, com que a metrópole se aproxima ainda mais de Seropédica, que, pouco a pouco, reduz o percentual de sua população envolvida com atividades rurais, ao passo que aumenta nas atividades urbanas.

O bairro Fazenda Caxias possui aproximadamente 14 km², estando sob o domínio do Bioma Mata Atlântica, e apresentando relevo plano, em sua maior extensão, com elevações pontuais. A ocupação do bairro desenvolveu-se às margens da rodovia BR-465 (Antiga Rio-São Paulo), que atravessa o município. A partir desta rodovia, o bairro foi loteado em terrenos de 15 metros de frente por 45 metros de comprimento. A arborização viária é quase inexistente, apresentando indivíduos arbóreos, distantes entre si, ocorrendo uma arborização mais significativa nos quintais das residências.

Há pouca ou nenhuma participação dos órgãos públicos envolvidos nessa tarefa, o que é preocupante, pois, durante o verão, são observados dias muito quentes, o que provoca desconforto térmico à população local, sobretudo à população flutuante, formada, em grande parte, por estudantes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), que se deslocam a pé, entre os bairros centrais, como a Fazenda Caxias e o *campus* universitário, a aproximadamente dois quilômetros de distância, bem como, os trabalhadores residentes no interior do bairro, que necessitam ir até a rodovia, a fim de utilizar transporte público, já que o mesmo não circula no bairro.

METODOLOGIA

Para a construção dos mapas, foi necessário o uso de sistema de informação geográfica (SIG), sendo possível analisar a cobertura da terra da área estudada, associando às mudanças ocorridas na expansão urbana, por meio da delimitação e do cálculo de áreas verdes e ocupação do solo. E, a partir de imagens históricas do Google Earth, foi possível realizar o mapeamento do bairro Fazenda Caxias, dessa forma, compreendendo o uso da terra.

Para avaliar a influência da arborização na temperatura do ar no município de Seropédica, foram escolhidas três propriedades dentro do bairro Fazenda Caxias, com características bem distintas, entre si, quanto aos níveis de urbanização, para instalação dos *Data Loggers*. A primeira propriedade foi uma casa com quintal pouco arborizado, localizada em uma rua, também com pouca arborização, e esse local foi denominado no mapeamento, como *área urbana*. A segunda propriedade foi uma residência com quintal arborizado, próximo aos limites do bairro com o campus da UFRRJ, com extensa área verde, sendo denominada de *área urbana-vegetada*. A terceira propriedade localiza-se em um sub-bairro, denominado de Fonte Limpa, uma área com características rurais, sem calçamento nas ruas e constituída por sítios para lazer e pequenas fazendas com criações de equinos e bovinos. Um desses sítios possui um pequeno bosque, onde foi instalado o terceiro equipamento, denominado como *área rural* (Figura 1).

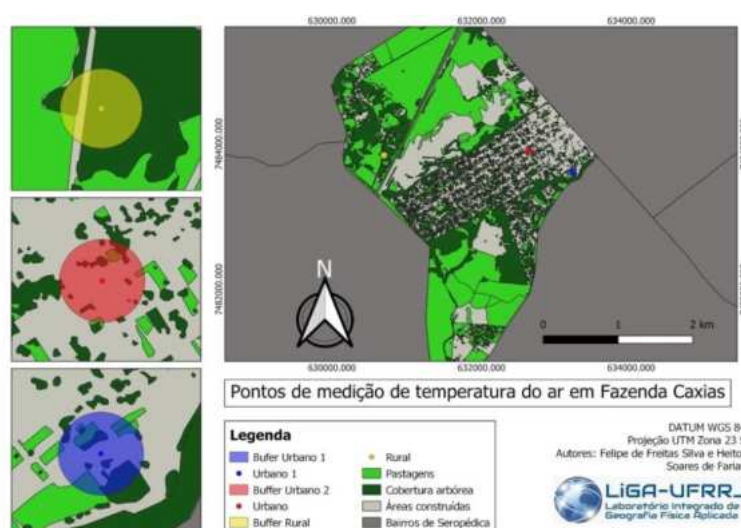


FIGURA 1 - Mapa de pontos de medição de temperatura no Bairro Fazenda Caxias (Seropédica/RJ).
Fonte: Felipe de Freitas Silva e Heitor Soares de Farias (2022).

Todos os aparelhos foram instalados junto às árvores, aproveitando de sua sombra e, portanto, protegidos da luz solar; protegidos da chuva, abrigados em caixas plásticas de interruptores elétricos adaptados, mas, cabe destacar que foram perfuradas, a fim de permitirem uma ventilação mais efetiva. Houve monitoramento da temperatura do ar, entre os dias 16 de março a 13 de abril de 2022, registrando dados a cada 15 minutos.

Posteriormente, foi feito um levantamento de dados sobre a área de estudo, em bases como o IBGE, sendo utilizado o geoprocessamento de imagem para analisar o uso e cobertura da terra, associando às mudanças ocorridas na expansão urbana, por meio da delimitação e cálculo de áreas verdes, no bairro Fazenda Caxias. A partir de imagens do Google Earth, foram delimitados os diferentes usos do solo, de forma manual, com a criação de camadas vetoriais, já que os mesmos apresentam valores aproximados, referentes às áreas demarcadas. Para a identificação e quantificação das áreas verdes e sua distribuição nos bairros, foram utilizados os SIGs QGIS e ArcGIS. Logo após, foi delimitado um *buffer* de 50 metros para cada um dos pontos e calculado o percentual de composição dessas áreas, entre árvores, gramas e construções. Por fim, nos dias de registro de maior temperatura, foi feita consulta ao CPTEC/INPE (imagens de satélite e análises sinóticas), a fim de associar os resultados obtidos às condições de tempo.

RESULTADOS

O levantamento da cobertura da terra mostrou que o ponto 1 possui 9% de árvores, 4% de grama e 87% de construções. Já o ponto 2, tem 22% de árvores, 18% de grama e 60% de construções. O ponto 3 tem 73% de árvores, 4% de grama e 23% de construções, sendo que essa área construída é a servidão, que dá acesso às propriedades e trata-se de uma estrada de terra.

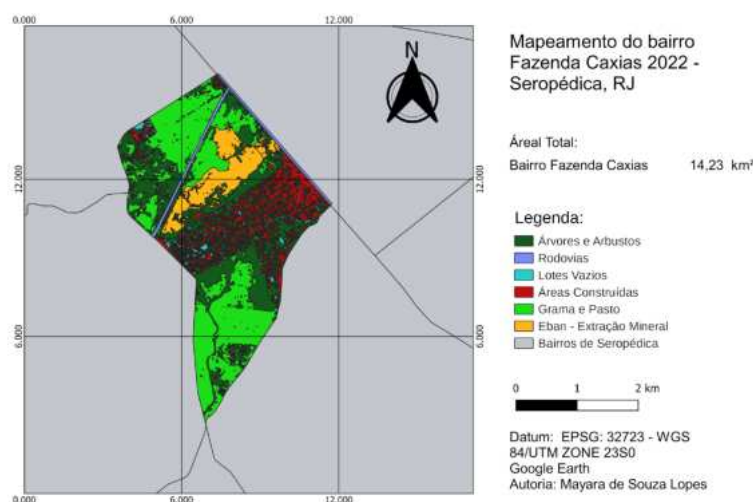


FIGURA 2 - Classificação do uso e cobertura da terra no bairro Fazenda Caxias.

Fonte: Mayara de Souza Lopes (2022).

Já os dados do monitoramento de temperatura do ar mostraram que as maiores diferenças de temperatura ocorreram entre as áreas urbana e rural, e a maior intensidade dessa ilha de calor urbana foi de 5,2° C, às 21 horas do dia 24 de março (Figura 3). As ilhas de calor se caracterizam pelo acúmulo de energia e retenção do calor nas áreas urbanas, principalmente, no período noturno, já que as áreas vegetadas conseguem se resfriar mais rápida e efetivamente.

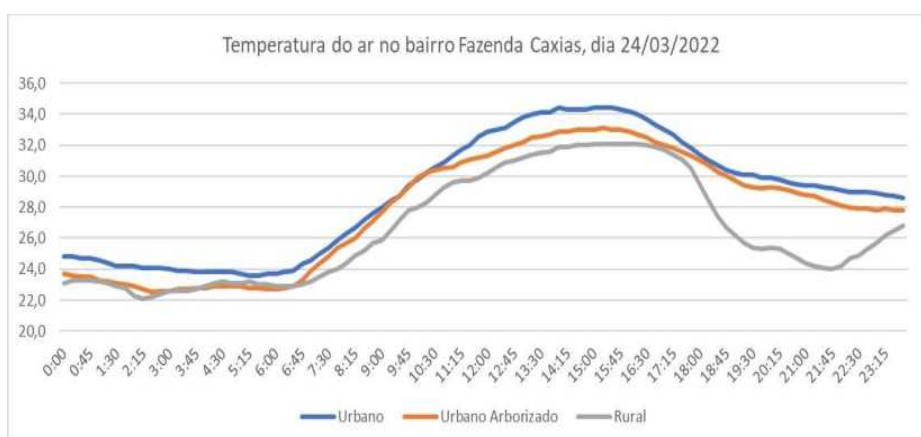


FIGURA 3 - Gráfico de temperatura do ar no bairro Fazenda Caxias (Seropédica/RJ), 24/03/2022.
Fonte: Data Logger (2022).

Posteriormente, utilizando a análise sinótica e imagens de satélite, fornecidas pelo CPTEC/INPE, verificou-se que, neste dia, havia a entrada de uma frente fria, que deixou a atmosfera instável sobre a região Sul do Brasil. Sobre a região Sudeste, observou-se uma área de baixa pressão, com condições de tempo características de um aquecimento pré-frontal, o que provoca a elevação das temperaturas, em um momento prévio à chegada da frente fria (Figura 4).

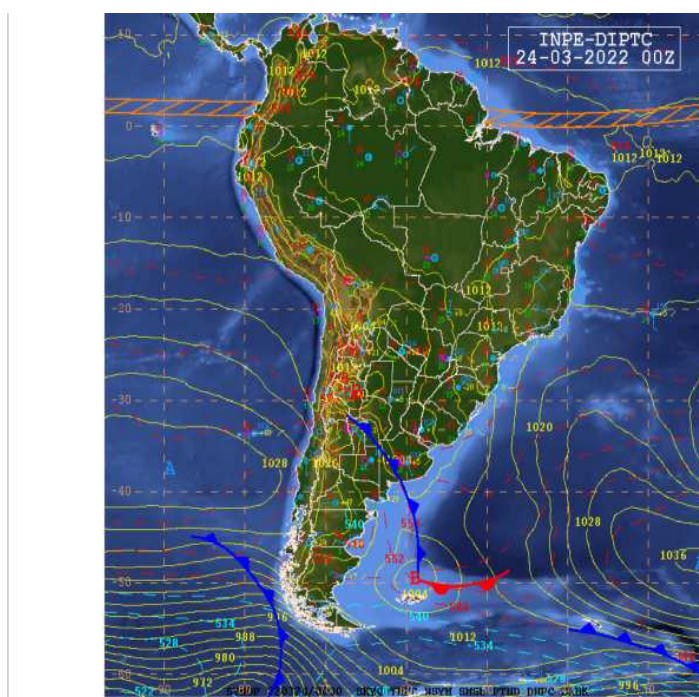


FIGURA 4 - Análise Sinótica da imagem de superfície do dia 24/03/2022-00Z.
Fonte: CPTEC/INPE (2022).

Tal condição provocou a elevação das temperaturas, no dia 24/03/2022, o que fez com que, no período noturno, na área urbana do bairro Fazenda Caxias, fosse registrado 29,4° C, enquanto que, na área rural, foi registrado 24,2° C. Tais dados demonstram o quanto as áreas construídas retêm calor ao longo do dia, principalmente, no horário noturno, elevando as temperaturas e contribuindo para a formação das ilhas de calor. Neste dia e horário, na área urbana-vegetada, a temperatura foi de 28,7° C.

Entre a área urbana e a urbana-vegetada, a maior diferença de temperatura foi de 3,6° C, no dia 02 de abril, do mesmo ano, às 13 horas. Valores semelhantes (3,5° C) foram registrados em outros dias, no período entre o final da manhã e o início da tarde, o que mostra a importância da vegetação, na amenização das temperaturas, nesse período de insolação intensa.

CONCLUSÕES

Nas análises feitas em Seropédica, foi possível perceber o quanto o processo de urbanização vem interferindo no aumento da temperatura e, conseqüentemente, no clima local do bairro Fazenda Caxias. O município tem apresentado crescimento urbano significativo nos últimos anos, em virtude do processo de expansão da metrópole do Rio de Janeiro para oeste, quando a abertura do Arco Metropolitano possibilitou a instalação de novos empreendimentos logísticos e industriais, como também pelo próprio processo de ampliação das universidades federais, com aumento no número de cursos ofertados e, por consequência, de vagas para professores e alunos. No entanto, como um município da periferia, ainda apresenta problemas, como a falta de transporte público. Não existe nenhum tipo de transporte público circulando dentro dos bairros, essa situação acaba fazendo com que a população precise se deslocar, por grandes distâncias a pé, até a BR-465 (antiga Rio-São Paulo), onde os pontos de ônibus ficam localizados.

Como as ruas não são suficientemente arborizadas, a população fica submetida a situações de estresse térmico. Como já mencionado, os dados do IBGE mostraram que, no ano de 2000, a população do município era de 65.260 habitantes e passou para 80.596 pessoas, em 2022, fato que vem interferindo no maior adensamento do uso do solo urbano.

Deste modo, este trabalho buscou apresentar dados de temperatura do ar, a fim de apresentar a interferência da vegetação urbana no microclima, evidenciando a importância da arborização e do controle de crescimento urbano, devendo ser repensado uma nova estruturação urbana, não só do município de Seropédica, como da Baixada Fluminense, visando melhor planejamento e ordenamento territorial, já que as ilhas de calor afetam diretamente na qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno.

Geosul, Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 65-82, jan./jun, 2005.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Brasileiro do Brasil de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Brasileiro do Brasil de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Brasileiro do Brasil de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

LIMA, V.; AMORIM, M. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Revista Formação**, n. 13, p. 139-165, 2006.

- LONDE, P.R.; MENDES, P.C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia**. v. 10, n. 18, p. 264-272, jun. 2014.
- LUCENA, A.J; FILHO, R.O.C; PERES, F.L; FRANÇA, A.J.R. A evolução de ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p. 8-21, 2012.
- MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e clima urbano**. 1975. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.
- RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010.
- VIÉGAS, R.N. **Desigualdade ambiental e “zonas de sacrifício”**. PPGSA/IFCS – UFRJ. Rio de Janeiro, 2006. 21p.

CAPÍTULO 60

INDICADORES GEOMÓRFICOS DE DESEQUILÍBRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE EM ZONA DE CISALHAMENTO NEOPROTEROZÓICA, REGIÃO DE SÃO TOMÉ DAS LETRAS (MG)

Luana Ribeiro Garcia¹

Clauzionor Lima da Silva²

Felipe Garcia Porath³

Júlia de Medeiros Estevão de Melo³

Jessica Miranda dos Santos⁴

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Evolução Geológica (PPGMEG). BR-465. Km 7. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000.

2. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Petrologia e Geotectônica. Seropédica, Brasil. BR-465. Km 7. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000.

3. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. Curso de Geologia, Seropédica, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Evolução Geológica (PPGMEG). BR-465. Km 7. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000.

4. Colegiado de Geologia, UFVSF, Senhor do Bonfim, Bahia.

RESUMO

A bacia do rio Verde, na região de São Tomé das Letras (MG), mostra influência tectônica a partir de feições morfoestruturais antigas. Análises geomórficas qualitativas (padrões de drenagens e anomalias de canais) e quantitativa (perfil longitudinal de rio, Chi, ksn e a determinação de *knickpoints*) foram aplicadas, a partir de técnicas de geoprocessamento, com a finalidade de identificar o controle morfoestrutural nessa bacia. Esses dados foram integrados a mapas de lineamentos de relevo e drenagem objetivando analisar elementos estruturais relevantes. Os dados mostram que as zonas de cisalhamento, especialmente a Zona de Cisalhamento Caxambu, com orientação NE-SW, exerce controle na bacia do rio Verde e no tributário o rio do Peixe. As anomalias de drenagens observadas e as rupturas de declive, em perfis longitudinais, mostram que elas podem ter origem tectônica com orientação paralela a zona de cisalhamento. Isso pode representar que essa estrutura antiga pode ter sido reativada no Cenozoico.

Palavras-chave: índices morfométricos; Era Cenozoica; geomorfologia; zona de cisalhamento; drenagens.

ABSTRACT

The Verde River basin, in the São Tomé das Letras region (MG), displays tectonic influence stemming from ancient morphostructural features. Qualitative geomorphic analyses (drainage patterns e channel anomalies) and quantitative (river longitudinal profile, Chi, ksn, and knickpoint determination) were applied using geoprocessing techniques to identify the morphostructural control in this basin. These data were integrated with relief lineament and drainage maps to analyze relevant structural elements. The data indicate that shear zones, especially the Caxambu Shear Zone, NE-SW, exert control over the Verde River basin and its tributary, the Peixe River. The observed drainage anomalies and slope breaks in longitudinal profiles suggest that they may have a tectonic origin parallel to the shear zone. This could indicate reactivation of this ancient structure in the Cenozoic.

Keywords: morphometric indices; Cenozoic; geomorphology; shear zone; catchment.

INTRODUÇÃO

A aplicação de índices geomórficos em bacias hidrográficas, em ambiente intraplaca, têm se mostrado bastante eficaz no diagnóstico de processos tectônicos do cenozoico (Santos *et al.*, 2019; Santos, Ladeira, Batezelli, 2019; Santos *et al.*, 2022). As rotinas computacionais, que se baseiam em modelos digitais de elevação (MDE) e na relação morfométrica de uma bacia hidrográfica, servem para identificar fatores que interagem e afetam a evolução da paisagem (Tucker, Whipple, 2002;

Wobus *et al.*, 2006; Kirby; Whipple, 2012; Perron; Royden 2013). Os métodos e as técnicas de análise quantitativa geomorfológica (perfis longitudinais, Chi-Plot, determinação do índice de declividade, classificação de *knickpoints* análise de divisores (p. ex.) são empregados para identificação de feições estruturais (falhas/fraturas ou juntas) que possam interferir no equilíbrio do sistema de drenagem (Val *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2019, Santos *et al.*, 2023, Sanches *et al.*, 2024). Esses estudos robustos estão na vanguarda do conhecimento, mas não inviabilizam as análises geomorfológicas qualitativas (reconhecimento de padrões de drenagem, identificação de anomalias em canais, modificações abruptas de curso, capturas, avulsão, meandramentos anômalos, barramentos naturais, dentre outros), que fornecem bons indicativos da influência tectônica na paisagem (Santos *et al.*, 2019; Marques *et al.*, 2020, Santos *et al.*, 2023, Sanches *et al.*, 2024).

Em terrenos antigos (embasamento cristalino e faixas móveis), onde, tradicionalmente, não se reconhece a tectônica cenozoica e com poucas falhas reconhecidas nos mapas geológicos regionais, os resultados obtidos por essas técnicas podem auxiliar na identificação de áreas promissoras de manifestação tectônica. Quando essas análises são correlacionadas a dados geológico-estrutural rúpteis (falhas, fraturas e juntas), estes se tornam comprovações, quase que inquestionáveis, restando apenas a determinação da idade do tectonismo e os efeitos da última manifestação na paisagem (Val *et al.*, 2013, Santos *et al.*, 2023, Sanches *et al.*, 2024). Nesse sentido, os índices geomórficos para análise da paisagem podem auxiliar de forma indireta no entendimento do condicionamento geológico-estrutural e geomorfológico da região (Kirby; Whipple, 2012).

A bacia hidrográfica do rio Verde, tributária da bacia do rio Grande, região Sudoeste de Minas Gerais, Brasil, é um excelente exemplo para se avançar nessas questões (Figura 1). Com nascente na Serra da Mantiqueira, essa bacia hidrográfica flui literalmente em rochas neoproterozoicas do Orógeno Ribeira dobradas e cortadas por zonas de cisalhamento relativas ao evento Brasileiro (Heilbron *et al.*, 2004; Trouw *et al.*, 2007). Rochas magmáticas básicas, mesozoicas e alcalinas tardias, dos maciços alcalinos de Passa-Quatro e Itatiaia, do intervalo Cretáceo/Paleógeno (Almeida, 1976; Almeida; Carneiro, 1998), constituem as rochas mais novas na região. No entanto, destaca-se a estruturação antiga, representada por zonas de cisalhamento dúcteis, como, por exemplo, a Zona de Cisalhamento Caxambu, que atravessa a bacia hidrográfica em apreço. Essa estruturação forma o relevo de cristas quartzíticas alinhadas, com direção geral NE-SW, representadas pelas serras de São Tomé, Grotão ou Cantagalo, Sobradinho, Boa Vista e Pião das Ninfas, Conquista, Bichinho e Jurumirim, que se estendem por São Tomé das Letras, Conceição do rio Verde e Lambari em Minas Gerais. Marques Neto (2013), Marques Neto, Perez Filho (2014) e Marques Neto (2020) têm relatado evidências do controle morfoestrutural no sistema de drenagem nessa região, aproveitando a estruturação neoproterozoica. O estudo em pauta busca demonstrar, a partir do emprego de índices geomórficos e análise estrutural em imagens de satélites, que esses indícios são consistentes, cuja análise estrutural permite avançar na compartimentação tectônica da área e destacar a Zona de Cisalhamento Caxambu, como um dos elementos tectônicos, reativados em épocas mais recentes, o qual pode ter proporcionado processos de ajustes no sistema de drenagem da região.

METODOLOGIA

A etapa inicial da pesquisa envolveu a revisão temática e a aquisição da base geológica do Projeto Sul de Minas (2003), para confecção do mapa geológico compilado, modelo de elevação (MDE's) das plataformas - *Alos Palsar (Advanced Land Observing Satellite - Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)*, com resolução espacial de 12,5 metros e COP30 (*Copernicus 30 m*), a fim de auxiliar na produção de mapas temáticos e na aplicação de índices geomórficos. Esses produtos foram processados nos softwares ArcGIS (Esri 10.2.2) e Matlab (2020).

A análise geomorfológica qualitativa envolveu a caracterização de formas do relevo e da rede de drenagem, a partir do processamento do MDE. Realizou-se também a classificação dos padrões e anomalias de drenagem, conforme Howard (1967). Adicionalmente, foram elaborados perfis topográficos em faixa e análise de lineamentos no relevo e na drenagem.

A elaboração do mapa de lineamentos do relevo foi realizada a partir da análise em MDE Alos-Palsar, utilizando a técnica de sombreamento sintético (*HillShade*), no ArcGIS® 10.2, que combina direções solares azimutais (0°, 45°, 90° e 315°). As imagens sombreadas obtidas foram utilizadas para traçar manualmente os lineamentos com escala fixada em 1:90.000. A confecção do mapa de lineamentos de drenagem envolveu a elaboração de uma rede de drenagem, utilizada como base, para extração manual dos segmentos retilíneos da rede hidrográfica, com escala fixada em 1:90.000. Desse modo, foram gerados os mapas de lineamentos com escala 1:600.000. A análise estatística dos lineamentos foi realizada, a partir da geração de diagramas de rosetas, tanto para comprimento quanto frequência acumulados, utilizando-se o *software* Rockworks. Dessa forma, os mapas de lineamentos do relevo e da drenagem foram comparados e analisados, com objetivo de verificar as relações existentes das estruturas.

O perfil topográfico em faixa (*Across Swath Profile*) foi gerado pela extensão do ArcGIS®, chamada de *SwathProfiler*, desenvolvida por Pérez-Peña *et al.* (2017). O produto permite analisar topograficamente o relevo e fornece o índice hipsométrico transversal (THI*), para identificação de áreas do relevo, que são maduras ou jovens. O perfil topográfico possui orientação SE-NW, a qual é transversal às principais estruturas geológicas da área de estudo. A faixa estabelecida possui cerca de 40 km de largura, 20 km para cada margem, a partir da linha central.

Em relação à análise geomorfológica quantitativa, uma métrica utilizada para identificar controles tectônicos ou litológicos sobre a topografia do rio é o k_{sn} , índice de inclinação do canal, conforme Kirby e Whipple (2012). Para geração do mapa de k_{sn} , utilizou-se a relação desenvolvida por Hack (1957), que expressa a declividade (slope, S) como uma função do índice de declividade (k_s) e a área da drenagem (A), denominada de lei *Power Law*, conforme Flint (1974) e Howard e Kerby (1983).

Para elaboração dos perfis longitudinais e determinação do k_{sn} foi utilizado MDE e aplicadas as ferramentas do *Topotoolbox* (Forte; Whipple, 2018; Schwanghart; Scherler, 2014) e KIT (*The Topographic Analysis Kit*) de Forte e Whipple (2018), no Matlab, cujas análises gráficas, permitem avaliar o gradiente e a declividade do canal, pela área da bacia hidrográfica, conforme (Harbor *et al.*, 2005; Harkins *et al.*, 2007; Kirby; Whipple, 2012; Snyder *et al.*, 2000; 2003).

A análise do parâmetro χ (*Chi*) (Perron; Royden, 2013) é uma forma avançada e complementar para a análise em perfis longitudinais de rios, os quais auxiliam a determinação de *knickpoints*, de forma mais eficiente. O processamento para geração dos perfis longitudinais e dos gráficos χ também é por Matlab, aplicando os recursos *Topotoolbox* (Forte; Whipple, 2018; Schwanghart; Scherler, 2014) e o KIT de Forte e Whipple (2018).

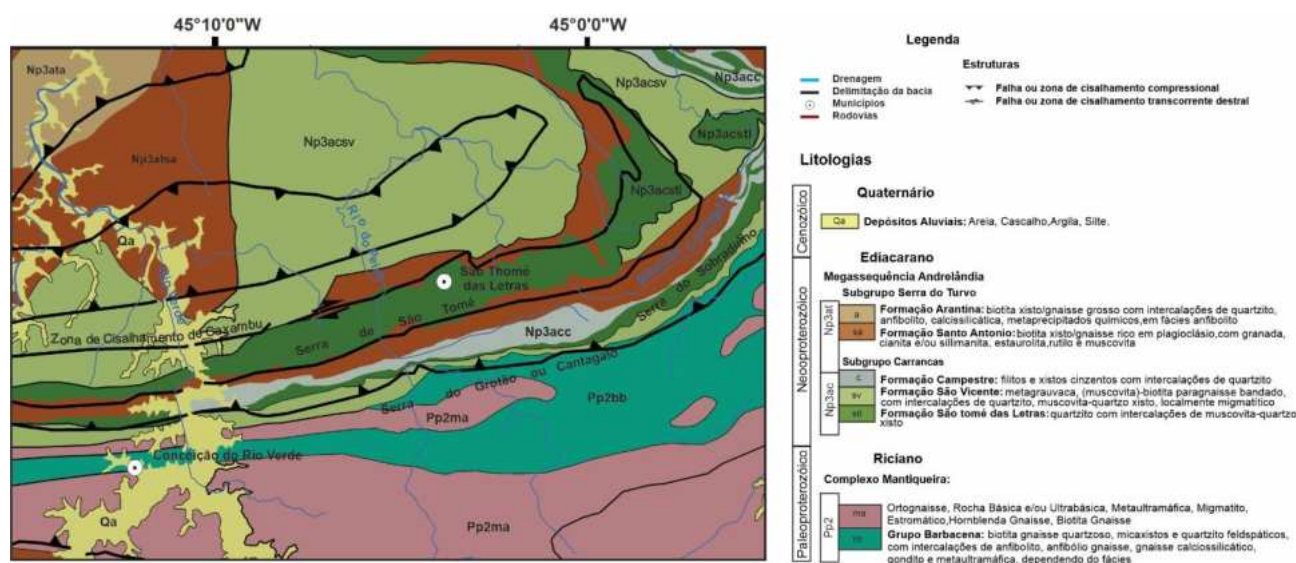


FIGURA 1 - Mapa geológico compilado da região de São Tomé das Letras, conforme o projeto Sul de Minas (2003). Elaboração própria.

RESULTADOS

A litologia da área de estudo envolve gnaiss e ortognaiss do Complexo Mantiqueira (Paleoproterozoico) e filito, gnaiss, quartzito da Megassequência Andrelândia do neoproterozoico. Essa última unidade geológica faz parte do Terreno Ocidental do Orógeno Ribeira, formado no evento Brasiliano. Zonas de cisalhamento dúcteis, de ambiente compressivo e transcorrente, com direção geral NE-SW, representam a fase final dessa deformação tectônica antiga (Heilbron *et al.*, 2004). Destacam-se no relevo serras alinhadas, como as serras do Cantagalo e São Tomé, que são constituídas por camadas quartzíticas, com direção N45E a N55E, com mergulho para noroeste, adjacentes às zonas de cisalhamento (Figura 1).

A principal bacia hidrográfica da região compreende à bacia do rio Verde, tributária do rio Grande, a qual atravessa essas litologias pré-cambrianas e as zonas de cisalhamento, fluindo de sudeste para noroeste. O sistema de drenagem é composto por padrões do tipo subdendrítico, treliça e paralelo, segundo a classificação de Howard (1967). Como feições anômalas, observam-se trechos afogados, formas em candelabro, meandramentos anômalos, a montante e a jusante das zonas de cisalhamento, *canyons*, retificações e, possivelmente, capturas. A análise de lineamentos no mapa de drenagem mostra segmentos nas direções: NW-SE (N30W a N40W e N45W a N60W), NE-SW (N45E a N60E), N-S (N10E a N10W) e E-W (WNW-ESE), tanto para comprimento quanto para frequência acumulados. Nota-se que os padrões de drenagem mostram estreita relação com os lineamentos e zonas de cisalhamentos, especialmente, o padrão treliça. O rio Verde e seu tributário, rio do Peixe, atravessam as cristas quartzíticas, mantendo a orientação aproximada N-S, por alguns quilômetros, antes de seguir para noroeste. Drenagens paralelas são notadas, acompanhando paralelamente o relevo e atravessando-o mais adiante. Como essa estruturação corta transversalmente a bacia hidrográfica, são desenvolvidas as anomalias observadas na rede de drenagem, tais como as gargantas e as corredeiras. Desse modo, é possível que drenagens, situadas no baixo curso, tenham capturado às do médio curso, cujo limite deve ter sido o relevo residual das serras.

Ao analisar o mapa de segmentos retilíneos no relevo, este mostrou que as principais direções são E-W e WNW-ESE (N80W), N-S (N10E a N10W); e, secundariamente, NE-SW (N45E a N60E) e NW-SE (N55W a N65W), também para comprimento e frequência acumulados. Enquanto a rede de drenagem enfatiza as quatro direções estruturais, o mapa de lineamentos de relevo destacou a estruturação antiga, mas também apresentou direções novas (N-S, E-W e NW-SE), pouco notadas no mapa geológico (Figura 1).

O perfil em faixa, elaborado quase que transversalmente à crista de relevo, descreve variações, inerentes às cristas quartzíticas, representado pelas serras de São Thomé e Cantagalo, as estruturas antigas das zonas de cisalhamento e a litologia (Figura 2D). A altitude do perfil varia de 1.030 m até, aproximadamente, 840 m, com alternância entre vales dissecados e cristas residuais. Nos vales, adjacentes às serras, onde ocorrem litologias gnaiss e paragneiss, estes são mais dissecados e aprofundados, onde a drenagem se encaixa. A declividade do terreno decresce suavemente para noroeste, de montante para jusante, até próximo às cristas na parte central, quase que individualizando dois blocos distintos antes e depois das cristas. Em relação ao índice hipsométrico (THI), ocorrem valores acima e abaixo da média. A elevação máxima (linha vermelha), próxima à elevação média (linha preta), está associada aos altos valores de Integral Hipsométrica Transversal (THI*), o que é típico de relevo jovem, em fase de dissecação. Isso pode ser observado nas cristas quartzíticas, situadas em 5.600 m, 11.200m e 13.700m, por exemplo. Nos locais, onde a elevação média se aproxima da mínima (linha azul), o THI está abaixo de 0,5 e essas regiões são mais estáveis. Logo, o perfil em faixa evidencia uma morfologia jovem, em fase de dissecação, com a alteração entre cristas e vales, onde estão inseridos alguns canais de drenagem.

Nos perfis longitudinais e Chi, confeccionados para os principais canais da bacia hidrográfica, observam-se rupturas de declives ao longo dos canais (Figuras 2E-I e 2E-II). Os *knickpoints* estão distribuídos, predominantemente, abaixo de 900 m, enquanto que os valores mais altos de ksn

ocorrem em altas altitudes. Os valores mais baixos de ksn são notados no canal do rio Verde (Figura 2C), com rupturas significativas, ocorrendo em locais de corredeiras ou *canyon*, como no caso da garganta do rio Verde, onde o rio atravessa a Serra do Cantagalo. Os *knickpoints*, observados no rio do Peixe, possuem maior variação de ksn, mantendo os valores mais elevados, em locais de cabeceira de drenagem. Observa-se a existência de *knickpoints*, de diferentes drenagens, que aparecem nas zonas de cisalhamento, os quais são destacados no perfil Chi, como degraus abruptos, a, aproximadamente, de 30 e 40 km (Figura 2E). Esses *knickpoints*, possivelmente, estão associados à atividade tectônica, pois estes são do tipo *slope-break*, segundo Kirby e Whipple (2012). Essas rupturas não ocorrem de forma aleatória, pois estão próximas à zona de cisalhamento, por volta de 30km, no canal principal do rio do Peixe e próximo à foz do rio Verde (Figura 2E-I), tanto no perfil longitudinal quanto no Chi. Outros, entretanto, conforme destacado no perfil Chi, estão na mesma cota topográfica do canal principal do rio Verde, respectivamente, por volta de 20 e 40 km, os quais indicam queda do nível de base.

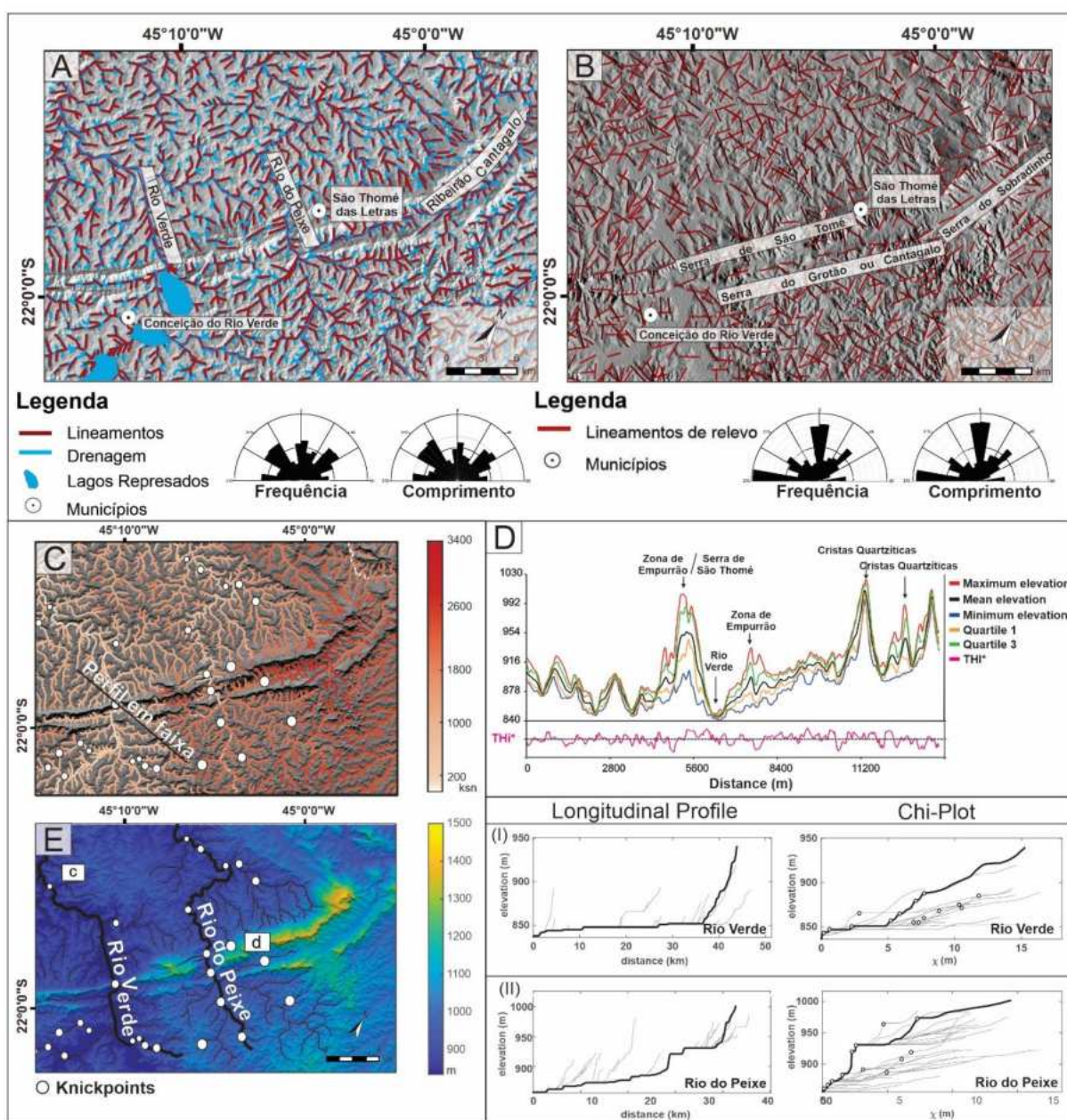


FIGURA 2 - Mapas de lineamentos e perfis: A) Mapa de lineamento de drenagem com diagramas de rosetas; B) Mapa de lineamentos de relevo com rosetas; C) Mapa do ksn com knickpoints; D) Perfil em faixa; E) Mapa de elevação com Knickpoints; I - Perfil Longitudinal e Chi do Rio Verde; II - Perfil Longitudinal e Chi do Rio do Peixe. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Os dados demonstram que a estruturação neoproterozoica, representada pela Zona de Cisalhamento Caxambu, exerce influência na bacia do rio Verde, na região de São Tomé das Letras (MG). As anomalias na rede de drenagem, observadas antes e após as cristas quartzíticas, e os padrões de drenagem, típicos de áreas fraturadas, são diagnósticos da interferência tectônica na área. Os mapas de lineamentos mostram orientações N-S, E-W e NW-SE, além da orientação NE-SW, as quais, podem representar estruturas rúpteis que condicionam os canais e promovem quebra no relevo. O fato de a litologia ser resistente à erosão, especialmente, nas serras quartzíticas, sugere que a bacia hidrográfica, a fim de avançar sobre essa feição morfoestrutural e seguir a declividade do terreno, desenvolva feições do tipo gargantas, corredeiras, afogamentos e, até mesmo, mudança de padrão de canais (meandramento e retificações), para vencer esse elemento positivo na paisagem. No entanto, quando são analisados os perfis longitudinais e a distribuição de *knickpoints*, nota-se que há rupturas, que, possivelmente, estão associadas à tectônica, as quais estão alinhadas à morfoestrutura de direção NE-SW. Além disso, é possível notar duas gerações de *knickpoints*: uma antiga, que se propagou e se encontra próximo à cabeceira dos canais tributários; e outra, resultante da ruptura atual, que ainda está se propagando e que ocorre a montante da morfoestrutura. Adicionalmente, essa orientação, que é correspondente à zona de cisalhamento, também revela que essa estrutura geológica antiga possa estar reativada no Cenozoico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FLINT, J.J. Stream gradient as a function of order, magnitude, and discharge. **Water Resources Research**, v. 10, n. 5, p. 969–973, 1974.
- FORTE, A.M.; WHIPPLE, K.X. Criteria and tools for determining drainage divide stability. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 493, p. 102-117, 2018.
- HARBOR, D.; BACASTOW, A.; HEAT H, A.; ROGERS, J. Capturing variable knickpoint retreat in the Central Appalachians, USA. **Geogr. Fis. Din. Quaternaria**, v. 28, p. 23-36, 2005.
- HARKIN S, N.; KIRB Y.E.; HEIMSATH, A.; ROBINSON, R.; REISER, U. Transient fluvial incision in the headwaters of the Yellow River, northeastern Tibet, China. **J. Geophys. Res.**, v. 11, n. 2, F02S04, 2007. 21p.
- HEILBRON, M. *et al.* Província Mantiqueira. In: MANTESSO NETO, V. *et al.* (org.). **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. 647p.
- HOWARD, A.D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **The American Association of Petroleum Geologist Bulletin**, v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967.
- HOWARD, A.D.; KERBY, G. Channel changes in badlands. **Geology Society American Bulletin**, v. 94, p. 739-52, 1983.
- KIRBY, E.; WHIPPLE, K.X. Expression of active tectonics in erosional landscapes. **Journal of Structural Geology**, v. 44, p. 54-75, 2012.
- MARQUES NETO, R. Intensidade Da Atividade Tectônica E Sua Espacialidade Na Bacia Do Rio Verde, Sul De Minas Gerais: Contribuições Para A Regionalização Da Tectônica Pós-Miocênica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 493-511, 2020.
- MARQUES NETO, R. O fenômeno cárstico em São Thomé das Letras (MG) e a mineração: evolução e degradação de cavernas em quartzito. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 13, n. 4, 2013.
- MARQUES NETO, R.; PEREZ-FILHO, A. Análise morfoestrutural e morfotectônica da bacia do rio Capivari, sul de Minas Gerais: a neotectônica e as superfícies geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, 2014.

- PACIULLO, F.V.P.; TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A. Geologia da Folha Andrelândia. In: A.C. Pedrosa-Soares, C.M. NOCE, R.A. J TROUW, M. HEILBRON (org.). **Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro**, Projeto Sul de Minas, v. 1, n. 84-12, 2003.
- PÉREZ-PEÑA, J.V. *et al.* SwathProfiler and NProfiler: two new arcgis add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles. **Computers & Geosciences**, [S.l.], v. 104, p. 135-150, jul. 2017.
- PERRON, J.T.; ROYDEN, L. An integral approach to bedrock river profile analysis. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 38, n. 6, p. 570–576, 2013.
- SANTOS, J.M. *et al.* Morphotectonics in the central-east region of South Brazil: implications for catchments of the Lava-Tudo and Pelotas Rivers, State of Santa Catarina. **Geomorphology**, v. 328, p. 138-156, 2019.
- SANTOS, M.; LADEIRA, F.S.B.; BATEZELLI, A. Indicadores Geomórficos aplicados à investigação de deformação tectônica: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, p. 287-316, 2019.
- SANTOS, M.; LADEIRA, F.S.B.; BATEZELLI, A.; NUNES, J.O.R.; SALAMUNI, E.; SILVA, C.L. *et al.* Interactions between tectonics, bedrock inheritance and geomorphic responses of rivers in a post-rifting upland (Ponta Grossa arch region, Brazil). **Brazilian Journal of Geology**, v. 52, n. 1, p. 1-26, 2022.
- SANCHES, M.; SALAMUNI, E.; SILVA, C.L.; SANTOS, M.J.; WILLIAM RUDOLF LOPES PEYERL. Cenozoic morphotectonic evolution of the eastern edge of Paraná Sedimentary Basin, Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 137, mai. 2024.
- SCHWANGHART, W. TopoToolbox 2–MATLAB-based software for Calculating the transverse topographic symmetry (T-) fator. **TopoToolbox**, fev. 2022.
- SCHWANGHART, W.; SCHERLER, D. TopoToolbox 2–MATLAB-based software for topographic analysis and modeling in Earth surface sciences. **Earth Surface Dynamics**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2014.
- SNYDER, N.P.; WHIPPL, E.K.X.; TUCKER, G.E.; MERRIT, S.D.J. Channel response to tectonic forcing: field analysis of stream morphology and hydrology in the Mendocino triple junction region, northern California. **Geomorphology**, v. 53, p. 97-127, 2003.
- SNYDER, N.P.; WHIPPL, E.K.X.; TUCKER, G.E.; MERRITTS, D.J. Landscap e response to tectonic forcing: digital elevation model analysis of stream profiles in the Mendocino triple junction region, northern California. **Bull. Geol. Soc. Am.**, v. 112, p. 1250-1263, 2000.
- TROUW, C.C.; MEDEIROS, F.F.F.; TROUW, R.A.J. Evolução tectônica da Zona de Cisalhamento Caxambu, MG. **Revista Brasileira de Geociências**, v.37, n.4, p. 767-776, 2007.
- TUCKER, G.E.; WHIPPL, E.K.X. Topographic outcomes predicted by stream erosion models sensitivity analysis and intermodel comparison. **J. Geophys. Res.**, v. 10, n. 7, B9, 2002.
- VAL, P.F.A.; SILVA, C.L.; SANTOS, J.M.; MORALE, S. N.; HARBOR, D. Distribuição de knickpoints em bacias de drenagem na região de Manaus (AM) e seu potencial para o estudo neotectônico e evolução da paisagem. In: WANKLER, F.L.; HOLANDA, E.C.; VASQUEZ, M.L. (org.). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. 1. ed. Belém: Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Norte, v. 8, p. 7-24, 2013.
- WOBUS, C., WHIPPLE, K.X., KIRBY, E., SNYDER, N., JOHNSON, J., SPYROPOLOU, K. *et al.* Tectonics from topography: procedures, promise, and pitfalls. In: Sean D. Willett; Niels Hovius; Mark T. Brandon; Donald M. Fisher. **Tectonics, Climate, and Landscape Evolution**. Geological Society of America, 2006.

CAPÍTULO 61

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA PARA PESQUISA NA ÁREA DE GEOPROCESSAMENTO

Raphael William Calheiros Pereira¹

Daniel Lopes Pimenta²

Vitor Sbeghi³

Jackeline Andrade Pereira Franco Mattos⁴

1. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP).

Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005.
raphauditore@hotmail.com.

2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Departamento de Matemática R. Francisco Portela, 1470.
Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. danielpimenta27@gmail.com.

3. Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. R. Boa Vista, 825. Boa Vista. São Caetano do Sul. SP.
CEP: 09572-300. sbeghiv@gmail.com.

4. Universidade Estácio de Sá. Departamento de Psicologia. Rua do Bispo, 13. Rio Comprido. Rio de Janeiro.
RJ. CEP: 20261-063. consultoriojackepsi@gmail.com.

RESUMO

A inteligência artificial (IA) é uma ferramenta poderosa, capaz de potencializar e catalisar processos criativos, raciocínios lógicos e tantos outros processos intrínsecos à metodologia científica e à pesquisa em geoprocessamento. Existem, na área de processamento de dados geográficos, diversas formas de lidar com a demanda gerada pela Academia e/ou iniciativa privada. Dentre essas diversas formas, quando utilizadas com IA, os projetos tornam-se mais eficientes. Podendo gerar mais inovação tecnológica, mais rápida, precisa e criativa, visto que boa parte do trabalho que o pesquisador investiria em tarefas repetitivas seriam executados por IA, possibilitando a realização de trabalhos mais complexos e mais criativos, em menos tempo.

Palavras-chave: inteligência artificial; psicologia; geoprocessamento; programação; sistema de informações geográficas.

ABSTRACT

Artificial intelligence is a powerful tool capable of potentializing and catalyzing creative process, logical thinking and many other essential processes to scientific methodology and geoprocessing research. There are many ways to deal with the academic and private enterprises, in the processing geographic data area. Many of these ways, when used with AI, makes the projects more efficient. Making possible, generate technological innovation quicker, more accurately and creatively, due to great part of the work that the researcher would spend time on repetitive actions being done by AI. Making projects more complex and creative in less time.

Keywords: artificial intelligence; psychology; geoprocessing; programming; geographic information system.

INTRODUÇÃO

Seja pela demanda de *freelancer* ou em projetos de pesquisa, o processamento de dados geográficos se aproveita amplamente da IA, de usos mais simples aos mais complexos. Inicialmente, seja para tirar alguma dúvida sobre algum *software* ou até, para corrigir ou elaborar linhas inteiras de código, seja em Python ou qualquer outra linguagem de programação (visto que o Google Gemini tem integração com o Google Colab). Existem também ferramentas criadas, a partir do ChatGPT, IA que disponibiliza a API para uso público. No Reddit, existem comunidades inteiras, apenas para organizar cada ferramenta dessa, a fim de facilitar o acesso aos usuários. Para criar um slide no Google Slides (equivalente ao Microsoft PowerPoint), por exemplo, pode ser usada IA; para checar erros de português (nem sempre o autocorretor é preciso); para encontrar algum *plugin* para o QGIS etc.

Por mais que essa ferramenta, no contexto de produção acadêmica, possa não ser vista com bons olhos. O plágio, quando produzido por IA, é facilmente descoberto (necessitando maior atenção, em casos mais complexos). Se usada com boa-fé, no entanto, pode se tornar uma ferramenta poderosíssima para produções intensas. Principalmente, para projetos de mestrado, doutorado e afins, por exigir muito tempo, raciocínio, organização etc. Caso o pesquisador utilize as ferramentas citadas, pode produzir ainda mais, pois gastaria muito menos energia, apenas focando na sua ciência e no que é necessário pensar, ao invés de se preocupar com o que uma IA pode fazer.

METODOLOGIA

Atualmente, a psicologia e a saúde mental têm se concentrado, cada vez mais, em entender como as múltiplas tarefas afetam a nossa mente. Lidar com várias demandas, ao mesmo tempo, leva a uma atividade mental constante, o que pode ter impactos significativos em nossa saúde emocional e psicológica.

Pesquisas recentes, como a de Johnson e colaboradores (2023), mostram que lidar com várias tarefas, ao mesmo tempo, aumenta os níveis de estresse, ansiedade e fadiga mental. Isso se deve à sobrecarga cognitiva, que ocorre quando estamos envolvidos em múltiplas atividades, como indicado por estudos, como os de Smith *et al.* (2022), que destacam a relação entre a atividade mental intensa e o aumento da demanda de energia do cérebro humano.

Uma parte importante desse fenômeno é a quantidade de energia, que o nosso cérebro consome, representando cerca de 20% do total do corpo, apesar de ser apenas 2% do peso corporal. Essa alta demanda energética está diretamente ligada às atividades mentais, como no processamento de informações e na tomada de decisões.

No entanto, quando nos envolvemos em múltiplas tarefas, ao mesmo tempo, como checar e-mails, enquanto falamos ao telefone e planejamos o próximo compromisso, aumentamos a carga cognitiva. Isso faz com que o cérebro trabalhe mais, consumindo ainda mais energia. Essa sobrecarga cognitiva pode ter efeitos negativos em nossa saúde mental, contribuindo para o estresse, a ansiedade e a fadiga mental. Além disso, a falta de foco e a dificuldade em se concentrar em uma única tarefa podem afetar negativamente nosso desempenho e produtividade. Portanto, entender a importância de economizar energia mental e praticar o foco e a atenção plena são cruciais para promover nossa saúde psicológica e emocional. Estratégias como gestão do tempo, definição de prioridades e limites no uso de tecnologias podem ajudar a reduzir a sobrecarga cognitiva e preservar nossa energia mental para as atividades essenciais e gratificantes. Com o aumento da complexidade dos problemas científicos e a quantidade massiva de informações disponíveis, surge a necessidade de novas abordagens a fim de maximizar a eficiência na pesquisa. É nesse contexto, que a Inteligência Artificial (IA) se destaca como uma ferramenta poderosa, colaborando com pesquisadores e estudantes, para otimizar o uso do tempo e dos recursos, especialmente, ao investigar temas mais complexos.

A importância da IA, na otimização do tempo para pesquisadores e estudantes, é destacada por diversos estudos. Por exemplo, o trabalho de John *et al.* (2020) mostra como algoritmos de IA automatizam a análise de dados experimentais em neurociência, reduzindo significativamente o tempo necessário e permitindo que os pesquisadores se dediquem a análises mais aprofundadas e à interpretações dos resultados.

A validade dessa parceria entre IA, cientistas e estudantes é confirmada por pesquisadores, como Smith e Jones (2019), que destacam a capacidade da IA, em identificar conexões não triviais entre dados, aparentemente não relacionados, gerando *insights* valiosos para novas descobertas científicas. Além disso, estudos conduzidos por Wang *et al.* (2021) demonstram como a IA acelera o processo de revisão bibliográfica e a busca por artigos relevantes, economizando tempo e possibilitando uma revisão mais abrangente da literatura científica. Cientistas renomados, como Jane Goodall e Neil deGrasse Tyson, enfatizam a importância da IA, como uma ferramenta complementar na pesquisa

científica. Goodall, em seu trabalho de conservação ambiental, destaca como algoritmos de IA analisam padrões de comportamento animal, em grandes conjuntos de dados, auxiliando na compreensão e proteção das espécies. Tyson, por sua vez, enfatiza como a IA agiliza a análise de dados astronômicos, impulsionando avanços significativos na compreensão do universo. Em resumo, a parceria entre IA, cientistas e estudantes desempenha um papel fundamental na otimização do tempo na pesquisa científica. As contribuições da IA, na análise de dados, na identificação de padrões, na revisão bibliográfica e na geração de *insights* são cruciais para liberar tempo e recursos, permitindo a investigação de temas mais complexos e a busca por novos conhecimentos científicos.

Para a produção/desenvolvimento de qualquer projeto mais complexo, quanto maior a automatização de tarefas simples, melhor. Assim, poderá ocorrer uma administração de recursos mais eficiente, a fim de evitar que a ferramenta mais importante (a mente dos pesquisadores) não fique presa em trabalhos repetitivos, desperdiçando, assim, energia com etapas que podem ser feitas por IA.

Sendo assim, fica clara a importância dessa ferramenta no processamento de dados geográficos. Mesmo para uma pequena quantidade, como um relatório de precipitação e desastres naturais de um município, há o uso para: coleta dos dados; para organização dos dados brutos, pois apesar de termos uma noção de como organizar, a IA pode dar sugestões de formas melhores; para apresentar esses dados no relatório, bem como para apresentar esses próprios relatórios (como já foi citada, a capacidade de gerar e organizar *slides*); gerar vídeos e imagens, capazes de ilustrar, da forma que necessário (mais didática, mais detalhada etc.), os processos que, às vezes, são específicos de cada região, devido à interferência antrópica, por exemplo.

Para coleta de dados, é uma das ferramentas mais importantes, pois, suponhamos que precisemos coletar dados de precipitação de um município com uma série histórica de cerca de 50 anos. Dependendo do município, sequer haverá estações meteorológicas/pluviométricas com essa série histórica. Sem contar que o pesquisador terá que coletar planilhas inteiras, estação por estação, para ser calculada a média anual ou mensal, com algum gerenciador de planilhas e assim, seguir com o processamento dos dados. Com o uso de Python ou JavaScript, seja no Google Earth Engine ou Google Colab, é possível fazer a coleta, planilhas e gráficos, com as médias anuais e mensais, o *shapefile* com os dados para ser usado no ArcGIS/QGIS, e o código pode ser escrito em conjunto com a IA, sendo utilizado para detectar erros de sintaxe ou sugerir formas mais eficientes de utilizar a linguagem ou cumprir alguma tarefa (na linha de código).

Há aplicação, também, para desenvolvimento de novas tecnologias, que podem aprimorar os processos citados acima. Caso o autor do livro não seja acessível ou, mesmo que seja, caso precise de uma resposta imediata, a IA pode ler, comparar, analisar, responder e discutir qualquer pergunta ou questão sobre determinado assunto. Mesmo se tratando de assuntos complexos, que ainda não foram amplamente divulgados/aplicados na área de geoprocessamento. A filosofia da ciência, a matemática, cientistas de dados, diversos campos do conhecimento estão a todo momento buscando novas formas de sofisticar a análise e validar os novos dados/informações, bem como de seu processamento. É de suma importância que haja a aplicação dessas novas metodologias na área de geoprocessamento, principalmente, por conta da demanda social por cada vez mais eficiência no processamento de dados e relatórios. Já que por conta da, cada vez maior, atividade antrópica, cada vez maior, tráfego de pessoas, de dados etc., todas essas variáveis precisam ser calculadas de forma com que possamos evitar desastres naturais, por exemplo, ou até melhorar a vida dessas pessoas, por meio de formas mais eficientes de transporte.

No começo do milênio, presenciou-se um aumento exponencial de tráfego de dados, de informações. Uma das evidências, é a constante preocupação dos órgãos reguladores pelo mundo, como o europeu, por exemplo, o Comitê Europeu para a Proteção de Dados; ou até o brasileiro, a Autoridade Nacional de Proteção de Dados, destinada apenas à regulamentação do tráfego de dados online. Se a geografia não considerasse a dinamização, a ponto de lidar com essas demandas, chegaria o momento em que a dinâmica de dados ultrapassaria a capacidade de análise e processamento dos pesquisadores.

As Inteligências Artificiais Generativas (Google Gemini, ChatGPT e similares) se popularizaram, devido à sua utilidade abrangente, em tarefas cotidianas, principalmente, em estudos, com educadores adotando seu uso em sala de aula. Miao e Holmes (2023) destacam que a UNESCO (2023) “ênfatiza a necessidade de escolas e instituições de ensino desenvolverem capacidades para compreender os potenciais benefícios e riscos da IA”. A ferramenta possui o nome “generativa”, por ter como principal função gerar algo novo, tal qual um estudante, usando de sua bagagem de conhecimentos, adquiridos por alguma forma de treinamento. Com a constante evolução desta tecnologia, temos IAs que podem gerar até mesmo imagem e vídeos. como o DALL-E. da organização OpenAI, mesma criadora do ChatGPT; Bing Image Creator, da Microsoft; e a recém-popular SoraAI, sendo a primeira, com a possibilidade de criar vídeos, por meio de comandos. Aberto ao público, atualmente, temos apenas geradores de imagens, como o DALL-E, como uma opção paga; e o Bing Image Creator, da Microsoft, sendo completamente gratuito.

IAs Generativas de texto, como Gemini e GPT, podem ser aliados fortes em uma sessão de aprendizado, principalmente, no campo da computação, que sempre demanda atualizações e novos conhecimentos, podendo demonstrar ser trabalhoso e difícil de se atualizar constantemente. Porém o trabalho pode ser bem facilitado quando essas ferramentas vêm como auxiliadoras. Citando como exemplo, primeiramente, o Gemini, é uma IA que acaba explicando trechos de código e conceitos teóricos com mais detalhes, separando de forma adequada tudo por tópicos facilitando o entendimento e citando as fontes de onde buscou as informações mostradas, se mostrando uma ótima opção para fins acadêmicos. Nas Figuras 1 a 3, exemplos do Gemini explicando o que são algoritmos de grafos, comumente utilizados por APPs de GPS para calcular as melhores rotas.



FIGURA 1 - Requisição de informações ao Google Gemini. Elaboração própria. Gerado no Google Gemini.

O que é um Algoritmo de Grafos?

Imagine uma cidade com várias ruas e cruzamentos. Cada rua é como uma **aresta** e cada cruzamento é como um **vértice**. Um conjunto de ruas e cruzamentos conectados forma um **grafo**. Algoritmos de grafos são ferramentas matemáticas usadas para resolver problemas nesse tipo de estrutura.

Como funciona um Algoritmo de Grafos?

Os algoritmos de grafos geralmente operam em duas etapas:

- 1. Representação do Grafo:** O grafo precisa ser representado de forma que o computador possa entendê-lo. Duas maneiras comuns de fazer isso são:
 - **Matriz de Adjacência:** Uma tabela onde cada linha e coluna representa um vértice. Se existe uma aresta entre dois vértices, a célula correspondente na tabela é 1, caso contrário, 0.
 - **Lista de Adjacência:** Uma lista para cada vértice, onde cada item da lista é outro vértice com o qual o primeiro está conectado.
- 2. Aplicação do Algoritmo:** Uma vez que o grafo está representado, o algoritmo específico pode ser aplicado. Alguns exemplos de problemas que algoritmos de grafos podem resolver:
 - **Encontrar o caminho mais curto:** Entre dois vértices específicos.
 - **Verificar se o grafo está conectado:** Se existe um caminho entre todos os pares de vértices.
 - **Identificar comunidades:** Grupos de vértices que estão mais conectados entre si.

Recursos para Aprofundar seu Conhecimento

Se você deseja aprender mais sobre Algoritmos de Grafos, aqui estão alguns recursos:

- **Livros:**
 - "Algoritmos em Grafos" de Cormen, Leiserson, Rivest e Stein
 - "Introduction to Graph Theory" de Diestel
- **Cursos Online:**
 - <https://www.coursera.org/courses?query=graph>
 - <https://www.edx.org/learn/algorithms/the-university-of-california-san-diego-graph-algorithms>
- **Tutoriais:**
 - <https://www.khanacademy.org/computing/computer-science/algorithms/graph-representation/a/describing-graphs>
 - [URL inválido removido]

Lembre-se que a implementação de algoritmos de grafos pode variar de acordo com a linguagem de programação e o problema específico que você está tentando resolver.

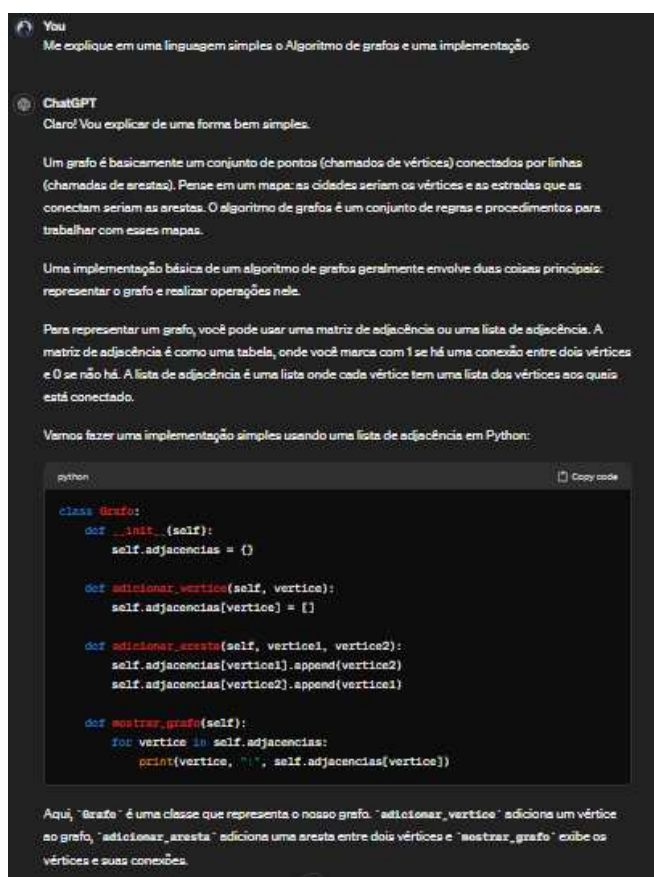
Espero que essa explicação tenha sido útil!

Fontes

1. forum.playcanvas.com/t/map-movement-...
2. solmaz.eng.uci.edu/Outreach/SummerOut...

FIGURAS 2 e 3 - Explicação sobre o que são algoritmos de grafos. Elaboração própria. Gerado no Google Gemini.

Como é perceptível, com um *prompt* simples, ele organiza uma explicação, de forma concisa e estruturada, oferecendo até mesmo outros links e fontes para aprofundamento do conceito em específico, e também o mais importante, mostrando suas fontes, de onde coletou a resposta mostrada. Nas Figuras 4 e 5, o mesmo *prompt*, mas no GPT.



FIGURAS 4 e 5 - Explicação sobre o que são algoritmos de grafos.
Elaboração própria. Gerado no Google Gemini.

Como visto, é uma resposta bem mais extensa e não é estruturada, como no Gemini, porém, a ferramenta nos dá exemplos práticos de código, sendo uma boa opção para o uso prático, em ambientes reais de trabalho, auxiliando em processos, como documentação de código e tratamento de erros. Outra ferramenta popular entre programadores é o GitHub Copilot, trabalho de uma cooperação entre a OpenAI e o GitHub, empresa subsidiária da Microsoft. Atualmente, possuindo integração com o Visual Studio Code, a ferramenta pega o contexto atual do código do programador sugerindo linhas adicionais de código, fazendo cada vez mais parte de projetos atualmente sugerindo 35% dos códigos em linguagens populares do mercado como Java e Python, segundo estimativas levantadas pelo artigo "How AI makes developers' lives easier, and helps everybody learn to develop software" (2022), da própria Microsoft.

Fazendo, cada vez mais, parte do dia a dia dos programadores, a IA é uma tecnologia que veio para auxiliar e incrementar em projetos a sua capacidade de qualidade de vida, sendo usada de maneira responsável e eficiente, se torna uma grande aliada, segundo Houman Harouni, teorista de Harvard, "Educadores devem auxiliar a próxima geração a encarar a realidade do mundo e desenvolver maneiras e instrumentos para navegar nesta realidade com integridade".

Os melhores projetos de IA, são esforços de grandes empresas privadas e, devido ao modelo de negócios dessas empresas, elas cobram pelo uso da API e não disponibilizam o código-fonte, tornando a tarefa de implementar em aplicações e códigos, caro e limitada. Mas ainda existem algumas soluções, como o Llama que é um LLM criado pela empresa Meta. Llama é código aberto e, graças a isso, é possível criar aplicações que usam IA, localmente, ou seja, não é necessária a comunicação com algum servidor, a fim de obter resposta da IA.

RESULTADOS

Há alguns exemplos de resultados, utilizados internamente em um dos projetos de pesquisa, ao qual o autor Raphael William participa, na área de geoprocessamento, na UERJ-FFP. Um deles, foi feito por um colega, consistia em um *script*, escrito em Python (que foi feito com auxílio de IA), que permite visualização e manipulação do mesmo mapa, mas em séries históricas diferentes. Ou seja, era possível comparar, em tempo real, de forma dinâmica (visto podermos escolher qual série histórica queríamos), diversos dados, relacionados a precipitação, suscetibilidade a enchentes etc., tudo de forma bem mais rápida do que produzir os mapas, separadamente, pelo QGIS; e fazer um relatório, por exemplo. Como já foi comentado, o intuito de todas essas ferramentas é, também, trazer mais dinâmica para essas análises. Nos permitindo seguir para processos mais complexos, que não podem ser feitos por IA. Nesse caso, seguir para as oficinas, que fizemos em escolas, apresentando os riscos daquela área aos alunos e professores.

CONCLUSÕES

A IA é uma ferramenta poderosa que, se utilizada de forma inteligente, poderá melhorar bastante as condições de pesquisa e desenvolvimento relacionadas à ciência de dados no Brasil. Visto que, os pesquisadores brasileiros têm de trabalhar, muitas vezes, com recursos limitados (seja na universidade ou na vida pessoal), a economia de energia que o uso dessas ferramentas pode trazer aumenta a capacidade desse pesquisador de utilizar a sua ferramenta mais poderosa (seu “cérebro”, bem como toda sua criatividade, raciocínio etc.) para tarefas e problemas, realmente, complexos. Possibilitando, então, que, cada vez mais pessoas se interessem por pesquisa, bem como, que cada vez mais pesquisadores consigam concluir e produzir cada vez mais. Não deve-se temer uma tecnologia, que é utilizada há décadas, só porque agora tem-se acesso a essas tecnologias, como público final (como as APIs e suas várias aplicações, que já foram aqui citadas). Essa tecnologia faz e fará, cada vez mais, parte do cotidiano do pesquisador. Trazendo, então, um futuro mais promissor para a indústria da tecnologia do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GOODALL, J. Conservação Ambiental: o papel da inteligência artificial na análise de padrões de comportamento animal. **Revista de Conservação Ambiental**, v. 3, n. 4, p. 120-135, 2018.
- HOLMES, W.; MIAO, F.; UNESCO. **Guidance for generative AI in education and research**. [S.l.] UNESCO Publishing, 2023.
- JANGA, B. *et al.* A review of practical AI for remote sensing in earth sciences. **Remote Sensing**, v. 15, n. 16, p. 4112, 1 jan. 2023.
- JOHN, E.; DOE, F.; SILVA, G. *et al.* Algoritmos de Inteligência Artificial na Análise de Dados Experimentais em Neurociência. In: Congresso Internacional de Inteligência Artificial, 2020, São Paulo. In: **Anais do Congresso Internacional de Inteligência Artificial**, São Paulo: Editora ABC, 2020. p. 150-165.

- JOHNSON, A.; SMITH, B.; JONES, C. *et al.* Impacto das Múltiplas Tarefas na Saúde Mental: Um Estudo Recente. **Revista de Psicologia Aplicada**, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2023.
- SMITH, D.; MARTINS, E.; JOHNSON, A. Consumo de Energia Cerebral em Situações de Sobrecarga Cognitiva. **Revista de Neurociência**, v. 5, n. 3, p. 70-85, 2022.
- SMITH, J.; JONES, K. Capacidade da Inteligência Artificial em Identificar Conexões Não Triviais entre Dados. **Revista de Computação Avançada**, v. 8, n. 1, p. 25-40, 2019.
- TYSON, N. Avanços na Astronomia: O Impacto da Inteligência Artificial na Análise de Dados Astronômicos. **Revista de Astronomia Avançada**, v. 12, n. 3, p. 200-215, 2017.
- WANG, L.; SILVA, M.; MARTINS, P. Impacto da Inteligência Artificial na Revisão Bibliográfica. *In*: Conferência Nacional de Ciência da Informação, 2021, Rio de Janeiro. **Anais da Conferência Nacional de Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, Editora XYZ, 2021. p. 80-95.

CAPÍTULO 62

MAPEAMENTO DE COBERTURA VEGETAL URBANA UTILIZANDO NDVI NO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS-RJ

Allan Pires Fernandes Cardoso¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Faculdade de Educação da Baixada Fluminense (FEBF). Departamento de Geografia (DEGEO). Rua Gen. Manoel Rabelo, s/n. Vila São Luis. Duque de Caxias. RJ. CEP: 25065-050. allanpfe@gmail.com.

RESUMO

De acordo com Livesly (2016), as áreas vegetadas são fundamentais para a manutenção do ecossistema urbano. No Rio de Janeiro, informações acerca da cobertura vegetal dos municípios são escassas. Tendo em mente, a falta de fontes primárias sobre este aspecto do uso e cobertura do solo, esta pesquisa busca adaptar para o contexto brasileiro, a metodologia de Aryal (2022), capaz de mapear espaços verdes urbanos, por meio do uso do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Essa metodologia foi inicialmente aplicada em Victoria (Austrália) e, portanto, adaptações foram necessárias para o funcionamento pleno do método, como, por exemplo, a alteração do valor base para a classificação de cobertura vegetal, tendo sido alterado de 0,19 para 0,3; e o uso do satélite CBERS 4A, ao invés dos satélites Sentinel. O estudo se propõe a adaptar e avaliar a precisão dessa metodologia de mapeamento, no contexto de ocupação do solo e vegetação, característicos da baixada fluminense, mais precisamente, do município de Duque de Caxias. Afim de testar a replicabilidade do método de Aryal, adaptações foram adotadas aos valores limite do sistema de classificação do NDVI, no intuito de melhor capturar a vegetação carioca, em meio a suas paisagens urbanas. Além disso, foram realizadas análises, em pontos aleatórios da área de estudo, para garantir a precisão da classificação dos valores NDVI. Ademais, diversos mapas foram criados com dados acerca da extensão territorial e da cobertura vegetal, presente nos bairros de Duque de Caxias. Apesar de necessitar de ajustes para o seu funcionamento pleno no território de Duque de Caxias, o método de Aryal obteve sucesso 100% das vezes, em identificar áreas vegetadas e não vegetadas; e 93% das vezes, em diferenciar vegetação densa e esparsa. Apesar das alterações realizadas no método, ele se provou eficaz, ao diferenciar vegetação esparsa e densa e, especialmente, em identificar áreas vegetadas, em meio ao contexto urbano, além de proporcionar informações úteis, acerca da área total e a coberta por vegetação dos bairros de Duque de Caxias.

Palavras-chave: CBERS 4A; sensoriamento remoto; NDVI; vegetação urbana.

ABSTRACT

As established by Livesly (2016), plant covered spaces are fundamental for the health of the urban ecosystem. However, in Rio de Janeiro, urban land use and coverage data is scarce. With the scarcity of data in mind this research aims to adapt Aryal's methodology (2022), capable of mapping green urban spaces by using NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) to the Brazilian landscape and data access. Aryal's methodology was first applied to Victoria, Australia, and thus changes had to be made in order to assure its effectiveness in another part of the globe, one notable change that had to be made concerns the values used to classify vegetated and non-vegetated areas which generally are classified as being vegetated when having a value above 0,19, yet 0,19 did not perform as well as 0,3 in the confusion metrics, another change was the source of the data seeing as Sentinel-2A (10m per pixel), the satellite used by Aryal, had a worst special resolution when compared to CBERS 4A (8m per pixel), this change in resolution might be small but still worth noting. My study looks to adapt and assess the precision of Aryal's method in Duque de Caxias' urban landscape. In order to test Aryal's study replicability, changes had to be made to the NDVI thresholds in order to better capture vegetation in Duque de Caxias' urban environment, besides that, random points generated by QGIS software were used to manually assess the precision of the mapping. Although Aryal's technique had to be adapted to ensure its precision it had 100% success rate in differentiating vegetated and non-vegetated areas, given the small sample of 30 data points, and 93% in differentiating sparse and dense vegetation. The method proved itself efficient in differentiating dense and sparse vegetation, and most importantly, differentiating areas with and without green cover in an urban landscape.

Keywords: CBERS 4A; sensoriamento remoto; NDVI; vegetação urbana.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é frequentemente utilizado para o estudo e a análise de espaços e paisagens, a fim de obter melhor dimensão de suas características. Nesse contexto, o sensoriamento remoto é uma poderosa ferramenta para o entendimento e planejamento do território, como um todo. Os espaços urbanos verdes, que, segundo Biernacka (2023), devem ser definidos abrangentemente e incluir todas as áreas vegetadas, têm grande impacto, em diversos aspectos, que interferem diretamente com a população residente na área. A cobertura vegetal ajuda a diminuir o efeito das ilhas de calor, como evidenciado por Livesley *et al.* (2016). As áreas verdes urbanas são também importantes dados cartográficos na elaboração de mapas de uso e cobertura do solo e podem ser mapeadas, por meio de sua assinatura espectral (Backlund *et al.*, 2008), ou a radiação refletida, em função do comprimento de onda. Para interpretar a informação, proveniente da assinatura espectral, emitida pela vegetação, existem diversos índices, como o *Red-Edge Chlorophyll Vegetation Index* (RECI), *Normalized Difference Red Edge Vegetation Index* (NDRE), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) e *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), escolhido para este trabalho. A escolha do NDVI se deve à simplicidade de execução do processo, que cria as imagens para a interpretação e de obtenção dos materiais, necessários para a tarefa. Apesar do NDVI ser corriqueiramente utilizado para medir a saúde e a produção agrícola, o índice também tem a capacidade de mapear vegetação em contextos urbanos, como exemplificado por Aryal (2022), em *NDVI Threshold-Based Urban Green Space Mapping from Sentinel-2A at the Local Governmental Area (LGA) Level of Victoria, Australia*.

METODOLOGIA

Toda a extensão territorial de Duque de Caxias foi considerada na elaboração do trabalho, exceto a área não delimitada por bairros (Figura 1).

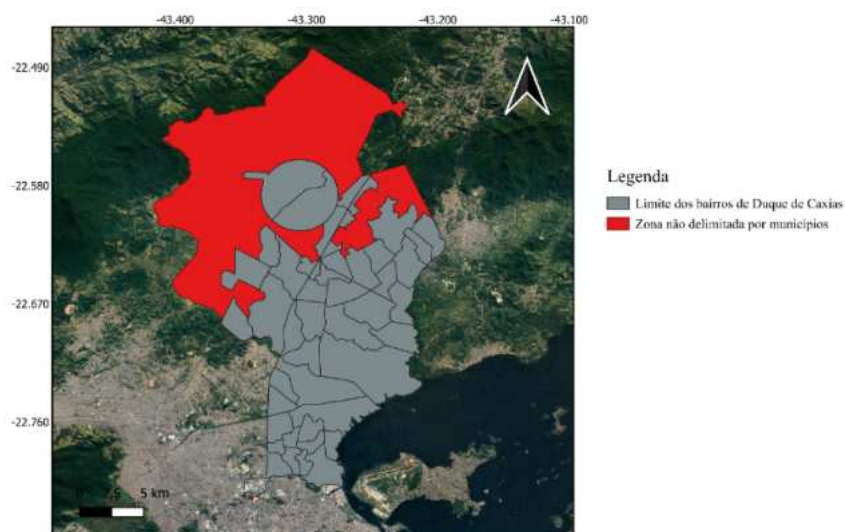


FIGURA 1 - Mapa da área de estudo destacando a zona não delimitada por bairros, que foi desconsiderada neste trabalho. Elaboração própria.

Os limites dos bairros foram adquiridos, por meio da Prefeitura de Duque de Caxias, e foram fornecidos em formato .kml, depois convertidos para .shp. A área de estudo está representada na Figura 1.

As imagens utilizadas no trabalho são provenientes do catálogo de imagens do INPE, que inclui imagens dos satélites da série CBERS e do AMAZONIA 1. A seleção do CBERS 4A, deu-se por sua melhor resolução espacial, quando comparado aos satélites SENTINEL, tendo respectivamente, 8 e 10 metros por pixel. A obtenção de imagens, com a maior resolução possível, é essencial para a precisão do mapeamento das áreas vegetadas. O CBERS 4A consegue identificar áreas verdes, até 20% menores que o SENTINEL, o que é um fator relevante, para a precisão da delimitação dos *pixels* vegetados, em áreas urbanas, especialmente, em áreas com maior densidade de construções, em que as áreas vegetadas são significativamente menores que em áreas rurais.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ou o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, elaborado originalmente por Rouse *et al.* (1974), é um dos mais utilizados indicadores de presença de vida vegetal em determinada paisagem e tem, como uma de suas aplicações, detectar e monitorar mudanças na vegetação (urbana ou não). O NDVI varia de -1 a +1, seus valores mínimo e máximo, respectivamente. Um valor elevado de NDVI indica maior concentração de vegetação, enquanto que os valores negativos representam superfícies não vegetadas, como asfalto, lâminas d'água, solo pelado e até mesmo, nuvens. Uma aplicação não explorada no trabalho é a de avaliar a saúde da vegetação sendo analisada pelo NDVI, porque vegetação saudável tende a obter valores maiores de NDVI. Para calcular o NDVI, a Equação 1 é utilizada:

$$NDVI = \frac{NIR(B04) - RED(B03)}{NIR(B04) + RED(B03)} \quad (\text{eq. 1})$$

onde: NIR (*Near Infrared Spectroscopy*) ou Comprimento de Onda Próximo ao Infra Vermelho, e RED (vermelho), correspondem à banda 04 e 03, respectivamente, na câmera PAN do CBERS 4A. A Figura 2 é um exemplo de uma imagem NDVI com o padrão de cores, comumente, utilizado para sua representação.

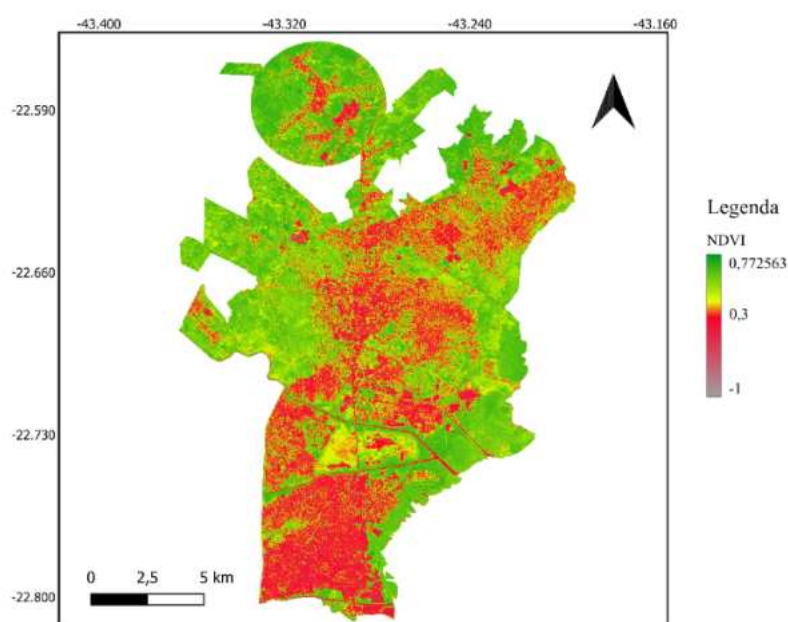


FIGURA 2 - NDVI da área de estudo em gradiente. Elaboração própria.

O UGSI (*Urban Green Space Index*) ou o Índice Espacial de Verde Urbano, é uma medição básica da proporção entre a área vegetada e a não vegetada. No trabalho de Aryal (2022), foi calculado o UGSI de 4 categorias de vegetação, áreas não vegetadas e com baixa, média e alta densidade de vegetação. A presente pesquisa usa apenas 3 classificações, área não vegetada, esparsamente vegetada e densamente vegetada. A Equação 2 mostra o cálculo do UGSI:

$$UGSI = \frac{V}{A} \quad (\text{eq. 2})$$

Onde: V equivale à área verde e A equivale a área total da área de estudo.

Para obter os valores de área vegetada e não vegetada de cada bairro, foi necessário calcular, por meio da quantidade de *pixels*, as áreas vegetadas e não vegetadas. Tal cálculo, pode ser expressado pela Equação 3:

$$A = \frac{(ap^2 \times np)}{1000} \quad (\text{eq. 3})$$

onde: A equivale à área medida (seja ela vegetada ou não), ap equivale à resolução de um *pixel* e np, o número de *pixels* na área desejada. De modo que ap, se equivalendo a resolução da imagem (em metros), ao quadrado, vai resultar no valor, em metros, de cada *pixel*, que, ao ser multiplicado pela quantidade de *pixels* na imagem (np), vai resultar na área total coberta, em metros quadrados, que, ao ser dividida por 1.000, resulta na área, expressa em quilômetros quadrados.

Seguindo o exemplo de Aryal (2022), uma classificação em dois níveis foi adotada, o primeiro nível, sendo uma representação binária de áreas (com e sem vegetação) e o segundo nível, diferenciando entre vegetação densa e esparsa. Após a aquisição e processamento das imagens e a elaboração do mapa NDVI, afim de realizar a classificação entre áreas vegetadas e não vegetadas, diferentemente dos trabalhos anteriores, foi imposto o limite de 0,3 a 1 para a classificação de vegetação, seguindo o exemplo de Mehta (2021), que se baseia na classificação de plantações, proposta por Thorat (2015 *apud* METHA, 2021), para classificar vegetação esparsa, por motivos discutidos adiante no trabalho.

Afim de realizar tal classificação, foi criada outra imagem, a partir da imagem inicial NDVI, que classifica binariamente áreas vegetadas, que possuam valores maiores que 0,3, como 1, e áreas não vegetadas, com valores menores que 0,3, como 0 (zero).

Após a classificação entre áreas vegetadas e não vegetadas, foi seguido novamente o exemplo de Metha (2021), que considera vegetação moderada para valores acima de 0,5. Com os resultados demonstrados na Figura 3.

Para realizar a avaliação da precisão da imagem NDVI, o QGIS foi utilizado para gerar 30 pontos aleatórios pela extensão da área de estudo, em cada limite de valor NDVI especificado, tais pontos foram avaliados, manualmente e minuciosamente, para que o limite de valor NDVI mais preciso fosse utilizado. Os pontos foram avaliados e classificados como VP (verdadeiro positivo), FP (falso positivo), VN (verdadeiro negativo), e FN (falso negativo); e, com essa matriz de confusão, somos capazes de avaliar a Acurácia (Equação 4), a Precisão (Equação 5), a Revocação (*Recall*) (Equação 6) e o F-Score (Equação 7).

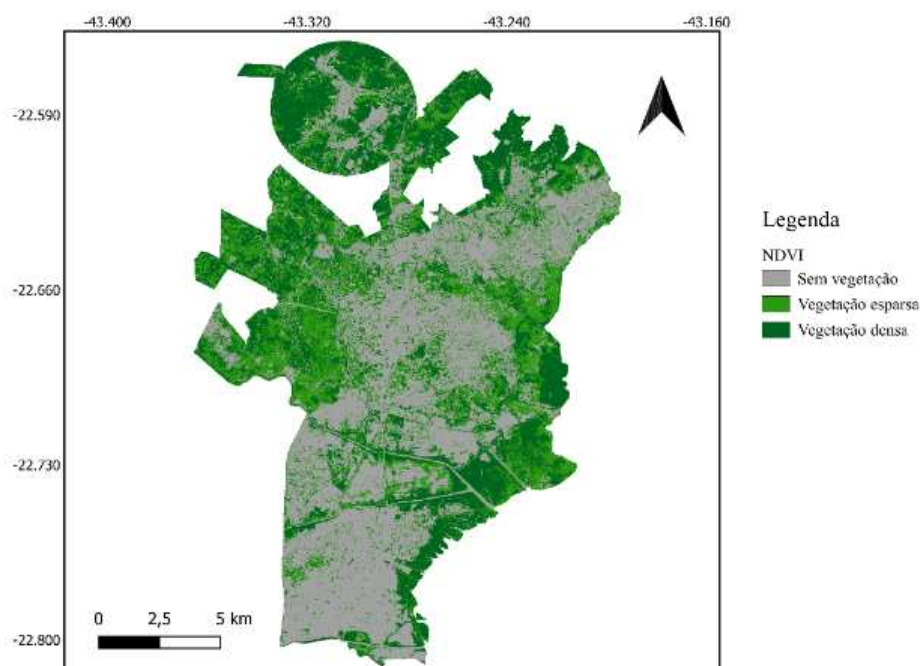


FIGURA 3 - Mapa da área de estudo com a classificação de nível 2 representada em tons de verde. Elaboração própria.

$$\text{Acurácia} = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} \quad (4)$$

$$\text{Precisão} = \frac{VP}{VP + FP} \quad (5)$$

$$\text{Revocação} = \frac{VP}{VP + FN} \quad (6)$$

$$F - \text{Score} = 2 \times \frac{\text{Precisão} \times \text{Revocação}}{\text{Precisão} + \text{Revocação}} \quad (7) \quad (\text{eqs. 4 a 7})$$

RESULTADOS

Com o intuito de garantir a precisão da classificação dos valores NDVI, foi realizada uma avaliação de pontos aleatórios na área de estudo; e 30 pontos aleatórios, gerados pelo QGIS, foram avaliados visualmente, para que os cálculos das métricas de avaliação do modelo fossem realizados. Ao escolher o limite ideal, que dividiria as áreas vegetadas das não vegetadas, para o nível 1 da classificação, foram utilizados 3 alcances de valor NDVI -1 a 0, -1 a 0,19 e -1 a 0,30, na literatura, o valor mais comumente utilizado para dividir áreas vegetadas e não vegetadas é 0,19, no entanto, ao passar pelas métricas de avaliação, o valor de 0,19 não se mostrou como o mais preciso, no contexto da imagem avaliada, o valor máximo que ofereceu maior precisão foi 0,3, como exemplificado por Mehta (2021).

A classificação de nível 2 foi realizada, com base nos resultados das métricas de confusão, da mesma forma que a de nível 1, a variação entre 0,3 e 0,5 obteve a melhor performance, entre os alcances avaliados, detalhados na Tabela 1.

TABELA 1 - Avaliação das métricas de precisão da classificação, de níveis 1 (a) e 2 (b), com múltiplos limites.

Área não vegetada	Área vegetada	Precisão	Revocação	F-Score	Acurácia
-1 a 0	0 a 1	1	0,67	0,75	0,70
-1 a 0,19	0,19 a 1	0,95	1	0,97	0,96
-1 a 0,3	0,3 a 1	1	1	1	1

(a)

Vegetação esparsa	Vegetação densa	Precisão	Revocação	F-Score	Acurácia
0,3 a 0,4	0,4 a 1	0,83	0,95	0,82	0,84
0,3 a 0,5	0,5 a 1	0,95	0,95	0,95	0,93
0,3 a 0,55	0,55 a 1	1	0,90	0,94	0,93

(b)

Elaboração própria.

TABELA 2 - Valores de vegetação após classificação, de níveis 1 (a) e 2 (b).

Bairros de Duque de Caxias	Área não vegetada (km²)	Área vegetada (km²)	Área Total (km²)	UGSI em %	Bairros de Duque de Caxias	Área de vegetação esparsa (km²)	Área de vegetação densa (km²)
Alto da Serra	243	5130	5373	95,47%	Alto da serra	1868	3505
Amapá	1399	3467	4867	71,24%	Amapá	3492	1375
Bar dos Cavalheiros	2668	351	3020	11,63%	Bar dos Cavalheiros	2850	170
Barro Branco	2286	1662	3949	42,09%	Barro Branco	3308	641
Campos Eliseos	11407	16405	27812	58,99%	Campos Eliseos	19472	8340
Cangulo	1295	5013	6309	79,47%	Cangulo	3259	3050
Capivari	667	6580	7248	90,79%	Capivari	7178	70
Centenário	1319	271	1590	17,05%	Centenário	1533	57
Chácaras Arcampo	3096	2158	5254	41,08%	Chácaras Arcampo	4629	625
Chácaras Rio Petrópolis	7567	14766	22333	66,12%	Chácaras Rio Petrópolis	15602	6731
Cidade dos Meninos	6021	20968	26990	77,69%	Cidade dos Meninos	19044	7946
Doutor Laureano	2829	235	3064	7,68%	Doutor Laureano	3016	48
Duque de Caxias (Centro)	2026	160	2187	7,36%	Duque de Caxias (Centro)	1593	594
Figueira	4200	1963	6164	31,85%	Figueira	2251	3913
Gramacho	6399	5698	12098	47,10%	Gramacho	11659	439
Imbariê	4317	2075	6393	32,46%	Imbariê	6184	209
Jardim 25	1315	353	1668	21,17%	Jardim 25	1216	452
Jardim Anhangá	1814	1643	3458	47,54%	Jardim Anhangá	2293	1165
Jardim Primavera	5693	3450	914	37,73%	Jardim Primavera	1121	2035
Lamarão	376	3894	4271	91,19%	Lamarão	1862	6133
Mantiquira	3893	9649	13542	71,25%	Mantiquira	13007	535
Olavo Bilac	2689	1217	3907	31,16%	Olavo Bilac	670	3237
Parque Duque	4908	1983	6892	28,78%	Parque Duque	5734	1158
Parque Eldorado	1390	2108	3499	60,26%	Parque Eldorado	2638	861
Parque Fluminense	2743	624	3367	18,55%	Parque Fluminense	3214	153
Parque Morabi	838	4299	5138	83,69%	Parque Morabi	3605	1533
Parque Paulista	3999	1663	5663	29,37%	Parque Paulista	5044	619
Parque Sarapuí	758	1866	2624	71,09%	Parque Sarapuí	1263	1361
Periquitos	1137	191	1329	14,44%	Periquitos	1288	41
Pilar	3854	1544	5399	28,61%	Pilar	4797	602
Santa Cruz da Serra	4912	3708	8620	43,02%	Santa Cruz da Serra	7143	1477
Santa Lúcia	6100	5543	11643	47,61%	Santa Lúcia	8999	2644
Santo Antônio	2662	7110	9772	72,75%	Santo Antônio	5459	4313
São Bento	7107	6131	13238	46,31%	São Bento	10396	2842
Saracuruna	5663	2733	8397	32,56%	Saracuruna	7892	505
Taquara	2118	7401	9520	77,74%	Taquara	3872	5648
Vila São José	2278	1123	3401	33,02%	Vila São José	2915	486
Vila São Luis	1929	82	2011	4,09%	Vila São Luis	1991	20
Xerém	2572	13127	15699	83,61%	Xerém	5541	10158

(a)

(b)

Elaboração própria.

Os resultados, até então, discutidos se desviam levemente do padrão estabelecido na literatura acerca do índice, incluindo todos os trabalhos citados até agora, com exceção de Mehta (2021), ao adotar-se maior precisão na detecção de vegetação (utilizando o valor de 0,3 como base para classificá-la). Essa divergência pode ser advinda de diversos fatores, como umidade do ar, cobertura de nuvens, diferença nos instrumentos presentes no satélite, erro humano ou, até mesmo, um erro de *software*. No entanto, apesar dos valores divergentes do padrão, a precisão atingida pelos valores selecionados é notável, obtendo 100% de acertos, na classificação entre vegetação e não vegetação; e de 95% a 93%, na classificação entre vegetação densa e esparsa. Mais testes seriam necessários e, com tempo e aprimoramento, os resultados da classificação de vegetação densa/esparsa podem ser melhorados.

CONCLUSÕES

O presente estudo é uma aplicação de métodos conhecidos, adaptados para a realidade brasileira, utilizando técnicas e materiais de fácil acesso, por seu baixo custo e abundância de recursos didáticos, acerca das ferramentas utilizadas. O método utilizado é altamente replicável e pode servir como alternativa para o mapeamento de áreas verdes urbanas no Brasil, visto que, dados de uso e cobertura do solo não são comumente disponibilizados ao público. Ademais, os dados levantados no trabalho podem ser utilizados para pesquisas que envolvam a cobertura vegetal do município de Duque de Caxias. A maior limitação do método apresentado é a baixa resolução das imagens utilizadas. Apesar do CBERS 4A ter resolução maior que as SENTINEL, a resolução de 8 m por *pixel* não é precisa o suficiente para a captação acurada de toda a cobertura vegetal, em determinada área. Para que esse aspecto fosse aprimorado, satélites como o RapidEye (5 m por *pixel*), o Worldview 3 (0,3 m por *pixel*), e o Pleiades (0,5 m por *pixel*), como realizado por Hashim *et al.* (2019), Pu (2018) e Tigges (2013).

Nesta pesquisa, diversos mapas do município de Duque de Caxias foram desenvolvidos, utilizando dados e métodos, disponíveis ao público, livres de custo. Os dados utilizados do CBERS 4A foram obtidos no site do INPE, os dados geográficos de Duque de Caxias foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal, os programas utilizados na elaboração e análise das imagens (QGIS e Python) têm código aberto e, logo, são gratuitos. Os dados gerados pela pesquisa são facilmente replicados e escaláveis e servem de base para outras pesquisas na geografia. Os resultados obtidos indicam que a utilização do índice NDVI é um caminho plausível para o mapeamento de vegetação urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARYAL, J.; SITAULA, C.; ARYAL, S. NDVI Threshold-Based Urban Green Space Mapping from Sentinel-2A at the Local Governmental Area (LGA) Level of Victoria, Australia. **Land**, v. 11, n. 3, p. 351, 2022.
- BACKLUND, P.; JANETOS, A.; SCHIMEL, D. **The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources, and biodiversity in the United States**. Synthesis and Assessment Product 4.3. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Climate Change Science Program. 2008.
- BIERNACKA, M.; KRONENBERG, J.; ŁASZKIEWICZ, E. *et al.* Beyond urban parks: Mapping informal green Spaces in na urban-peri-urban gradient. **Land Use Policy**, v. 131, 2023.
- HASHIM, H.; ABD LATIF, Z.; ADNAN, N. Urban Vegetation Classification With NDVI Threshold Value Method With Very High Resolution (VHR) Pleiades Imagery. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. p. 237-240, 2019.
- LIVESLEY, S.; MCPHERSON G.M.; CALFAPIETRA, C. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. **Journal of Environment Quality**, 01 jan. 2016.
- MEHTA, A.; SHUKLA, S.; RAKHOLIA, S. Vegetation Change Analysis using Normalized Difference Vegetation Index and Land Surface Temperature in Greater Gir Landscape. **Journal of Scientific Research**. p. 1-6, 2021.
- PU, R. *et al.* Assessing the potential of multi-seasonal high resolution Pléiades satellite imagery for mapping urban tree species. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [S.l.], v. 71, 2018.
- TIGGES, J. *et al.* **Urban vegetation classification: Benefits of multitemporal RapidEye satellite data**. Geography Department, Humboldt-Universität zu Berlin, [S.l.], 2013.

CAPÍTULO 63

MAPEAMENTO DO INDICADOR DE DESMATAMENTO DAS PAISAGENS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO BAIXO PARAÍBA DO SUL E ITABAPOANA - RJ

Marcelly Neiva da Silva¹
Evelyn de Castro Porto Costa¹
Raúl Sánchez Vicens¹

1. Universidade Federal Fluminense – UFF. Departamento de Geografia – Niterói. Boa Viagem. Rio de Janeiro. Brasil. mneiva@id.uff.br; evelyncosta@id.uff.br; rsvicens@id.uff.br.

RESUMO

Essa pesquisa tem o objetivo de aplicar o indicador de desmatamento na Região Hidrográfica IX, localizada no norte e noroeste fluminense. Como metodologia utilizou-se de técnicas de geoprocessamento a fim de aplicar o indicador de desmatamento nas unidades de paisagem da área de estudos. Neste estudo, utiliza-se o conceito de geoecologia das paisagens, que traz um modelo sistemático das paisagens e a distribuição espacial das unidades, tendo uma estrutura hierárquica de classificação, que a divide em unidades de paisagens, permitindo que sejam analisadas e comparadas entre si. Dessa forma, essa pesquisa apresenta como resultados valores, que representam índices de áreas desmatadas entre os anos de 1991 e 2021. Dessa forma, conclui-se que as mudanças do uso e cobertura da região e o aumento da interferência antrópica, aumento das áreas agrícolas e outros tipos de usos, teve grande influência no desmatamento da região, sendo possível identificar que as áreas que continuam sofrendo desmatamentos se localizam próximas às áreas urbanas, enquanto as de desmatamento mais antigos, se encontram em áreas de atividades agrícolas de plantio principal de cana de açúcar.

Palavras-chave: geoecologia das paisagens; índice de desmatamento; MapBiomass; estados ambientais; unidades de paisagem.

ABSTRACT

This research aims to apply the deforestation indicator in Hydrographic Region IX, located in the north and northwest of Rio de Janeiro. As a methodology, geoprocessing techniques were used in order to apply the deforestation indicator in the landscape units of the study area. In this study, the concept of landscape geoecology is used, which brings a systematic model of landscapes and the spatial distribution of units, having a hierarchical classification structure, which divides it into landscape units, allowing them to be analyzed and compared with each other. . Therefore, this research presents as results values, which represent rates of deforested areas between the years 1991 and 2021. Therefore, it is concluded that changes in the use and coverage of the region and the increase in human interference, increase in agricultural areas and other types of uses, had a great influence on deforestation in the region, making it possible to identify that the areas that continue to suffer deforestation are located close to urban areas, while those with older deforestation are found in areas of agricultural activities mainly planting sugarcane.

Keywords: *geoecology of landscapes; deforestation index; MapBiomass; environmental states; landscape units.*

INTRODUÇÃO

A paisagem é um conceito bem discutido e desdobrado dentro da geografia, tendo diversos significados para cada pensador. Santos (2002) faz a diferenciação entre a paisagem e o espaço geográfico, que, para alguns, podem ser considerados como sinônimos, mas Milton Santos mostra que não. Ele define o *espaço geográfico*, como um movimento, e a *paisagem*, como uma totalidade, sendo uma complementar à outra, já que a paisagem é um momento do movimento. Além disso, ele também conceitua a paisagem como “[...] conjunto de elementos naturais e artificiais que fisicamente caracterizam uma área” (Santos, 2002, p. 103). Não muito distante da definição de Milton Santos,

Bertrand (1971) conceitua a paisagem como um resultado de uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que reagem uns aos outros e fazem da paisagem, algo único e em constante evolução.

No livro “Geoecologia das paisagens” (Matteo *et al.*, 2017), a paisagem é definida com um objeto de investigação geoecológica, servindo como base para o planejamento ecológico do território e a valorização da questão ambiental. Por meio da geoecologia da paisagem, é possível analisar, utilizando métodos, procedimentos e técnicas investigativas, e, mediante essa análise, criar diagnósticos operacionais, que podem ser úteis para a discussão do planejamento ambiental, e também, para a discussão da distribuição adequada de recursos naturais.

Para melhor análise das paisagens distribuídas pelo globo, os sistemas de informação geográfica (SIG) se fazem presentes, pela sua forma mais fácil e objetiva de obter dados e também, auxiliando na manipulação desses dados, para o uso em diversos tipos de análises e pesquisas. O geoprocessamento se mostra como essencial ferramenta na análise de paisagem.

Os indicadores são úteis para o planejamento e desenvolvimento de um território, já que eles revelam as condições do território. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1993) cita que os indicadores ambientais têm, como objetivo, serem de fácil interpretação, fornecer bases para comparações internacionais, ser aplicáveis a questões ambientais de importância nacional e fornecer uma boa representação das condições ambientais. Além disso, eles podem ser utilizados para a tomada de decisões políticas, de forma mais geral. Podem ser representados cartograficamente, através de SIGs e podem ser facilmente atualizados, para serem utilizados em atividades de monitoramento.

Atualmente, o estudo de desmatamento tem se tornado, cada vez mais, necessário, principalmente, por conta do grande aumento das taxas e das consequências que têm se enfrentado. A derrubada de florestas tem ocorrido principalmente para a abertura de lavouras e pastagens, que são as classes mais presentes na região do estudo. O desmatamento na região da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul (RH IX) tem registros, a partir de 1538, com o início do ciclo da cana. Com Pero de Góis, administrador colonial, surgiram as primeiras plantações de cana de açúcar na região, mas, apenas em 1650, foram instalados os engenhos, no norte e noroeste fluminenses, engenhos esses, que foram aumentando de quantidade, a cada ano, chegando a 400, em 1941.

A área da RH IX (área de estudo desta pesquisa) é formada por diversos tipos de paisagens, que podem ser classificadas, em diferentes níveis de análise. As regiões de paisagens, utilizadas para o desenvolvimento deste estudo, foram sistematizadas e individualizadas geograficamente, esse processo é realizado, aplicando-se uma metodologia de regionalização físico-geográfica (RFG), que analisa, classifica a cartografia as paisagens, individualmente, e as caracteriza através da integração territorial. As regiões de paisagem são caracterizadas pela irrepetibilidade no território e pela integridade territorial (Vicens *et al.* 2019).

Nesse sentido, essa pesquisa visa compreender e analisar o desmatamento na RH IX, a partir do mapeamento desses indicadores, em regiões de paisagem. Logo, através de técnicas de geoprocessamento e aplicações de algoritmos aos dados coletados, foi analisada a taxa de desmatamento de cada região de paisagem, por meio do índice de desmatamento, proposto por Palacio Prieto *et al.* (2004), buscando compreender o grau da interferência antrópica, em cada região de paisagem, sendo possível as classificar, quanto à taxa de desmatamento.

METODOLOGIA

Para a realização do mapeamento do indicador de desmatamento, foi necessário adotar mapeamentos de uso e cobertura da terra, para obtenção das áreas desmatadas, em diferentes anos, para fins de comparação. Como materiais, foram obtidas as classificações de imagens, da iniciativa MapBiomass. Destaca-se que não foi necessário o cruzamento de dados para obtenção da classe desmatamento, já que os dados desse tema já são fornecidos separadamente pela plataforma.

O MapBiomas é uma plataforma gratuita, criada com o objetivo de mapear e monitorar o uso e cobertura do uso da terra no Brasil (e alguns outros países), mantida pelo Observatório do Clima e desenvolvida por pesquisadores, ONGs, empresas de tecnologia e universidades. Foram utilizados os mapeamentos da Coleção 8, que é a coleção mais recente, lançada em agosto de 2023. As coleções do MapBiomas são elaboradas com imagens de satélites Landsat, a partir da classificação *pixel* das imagens. Na Coleção 8, é possível acessar 29 classes de uso e cobertura, tais como floresta, pastagem, corpos hídricos, entre os anos de 1985 e 2022, sendo possível analisar diferentes anos. Para a criação da classe de desmatamento, que é fornecida gratuitamente, foram realizadas classificações por *pixels*, dentro de uma janela temporal, com os *pixels* identificando quais áreas tiveram alterações, de um período a outro.

Para o *download* desses dados, em formato matricial, foi necessário o uso do Google Earth Engine, no qual, foram indicados os anos de 1991 e 2021, bem como, a classe de desmatamento para a seleção dos dados.

As regiões de paisagem são caracterizadas pela junção de tipologia de paisagens com características semelhantes. O Laboratório de Geografia Física (LAGEF) elaborou um mapeamento das regiões de 1ª, 2ª e 3ª ordem (Figura 1), formadas pela aplicação da metodologia apresentada por Vicens *et al.* (2019). Essa classificação originou a classificação principal, utilizada nesta pesquisa, as regiões de 4ª ordem, que representam o nível de maior detalhe, somando cerca de 101 regiões diferentes, dentro da RH IX.

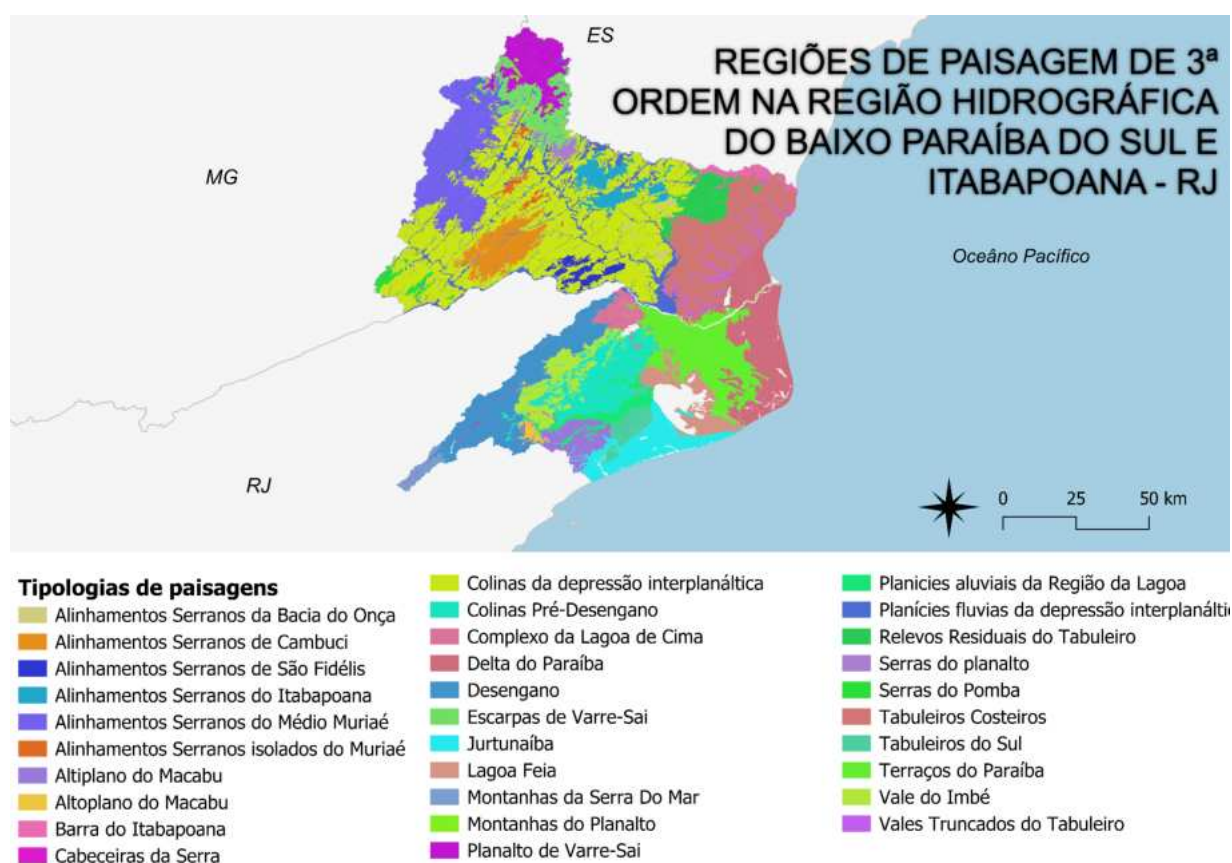


FIGURA 1 - Tipologias de Paisagens da Região Hidrográfica IX, localizadas no Norte e Noroeste Fluminense. Elaboração própria.

Tendo como materiais, os mapeamentos de desmatamentos, oriundos do MapBiomas, e os dados das regiões de paisagens, oriundos de Vicens *et al.* (2019), foi possível aplicar o indicador de desmatamento em cada unidade espacial.

Para a realização do trabalho, foi usado como base, o indicador de desmatamento, conforme apresentado por Palacio Prieto *et al.* (2004). Segundo os autores, a taxa de desmatamento é um indicador de pressão sobre os recursos florestais e é um elemento essencial, para a avaliação e o diagnóstico do comportamento de outras variáveis ambientais (clima, solos, hidrologia, entre outras) e socioeconômicas (crescimento demográfico, densidade populacional, atividades econômicas, entre outras).

O indicador propõe uma expressão, que contempla a superfície desmatada do período inicial e a superfície desmatada do período posterior, em relação à quantidade de anos entre os períodos. Nesse sentido, optou-se por trabalhar com o ano de 1991 e 2021, contemplando 30 anos de análise. A expressão é calculada pela Equação 1.

$$\delta n = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1 \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

Dn = taxa de mudança

S1 = superfície desmatada no período 1

S2 = superfície desmatada no período 2

N= número de anos entre os períodos

A aplicação do indicador de desmatamento foi realizada através da ferramenta “calculadora raster” do SIG QGIS, tendo em vista, que a classe de desmatamento foi obtida em formato *raster*.

RESULTADOS

Como resultados do mapeamento do índice de desmatamento de Palacio Prieto *et al.* (2004), obteve-se o mapa de grau de desmatamento, classificado por regiões de paisagem (Figura 2). A partir desse desmatamento, é possível analisar quais as regiões mais afetadas pelo desmatamento e quais tiveram diminuição do desmatamento entre 1991 e 2021. Nesse mapa, cada cor representa uma taxa de desmatamento na região, sendo correspondente a pouco desmatado, as cores mais claras, com os valores negativos. Conforme alcançam-se os valores positivos, aumenta-se a taxa de desmatamento. Para fins de melhor compreensão dessas taxas, foram elaboradas classificações dos valores apresentados no mapeamento, com classes de baixo a muito alto (Tabela 1).

TABELA 1 - Classificação das áreas de desmatamento.

Classificação	Índice
Desmatamento Baixo	-1 a -0,1
Destamento Médio	-0,1 a 0
Desmatamento Alto	0 a 0,09
Desmatamento Muito Alto	0,09 a 1

Elaboração própria.

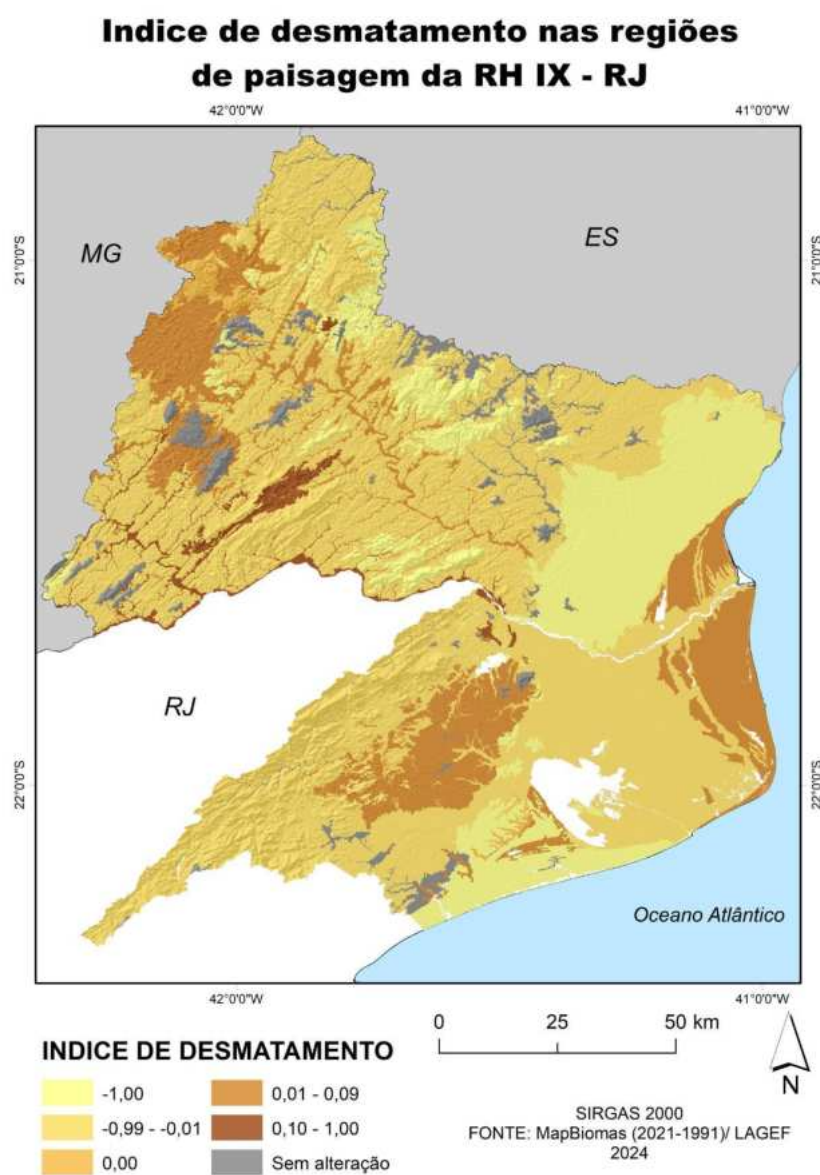


FIGURA 2 - Índice de desmatamento da Região Hidrográfica IX. Elaboração própria.

É possível identificar que, quanto maior o valor do indicador, menor é o índice de desmatamento naquela área, indicando que, entre 1991 e 2021, houve um grande aumento no desmatamento. Em contrapartida, quanto menor o valor, com mais valores negativos, menor o grau de desmatamento, indicando que essas áreas tiveram uma diminuição na taxa de desmatamento.

Também é possível analisar, mediante comparações do mapa de uso e cobertura do MapBiomias com o mapa do índice de desmatamento, que foi gerado, que as regiões de paisagem, que mais foram afetadas pelo desmatamento, são as áreas que eram ocupadas por áreas de paisagem, ou que foram ocupadas no processo de urbanização. As áreas que tiveram aumento pouco expressivo de desmatamento são ocupadas por lavouras temporárias, silvicultura ou *wetlands* e lagoas. Isso se explica, pelo fato dessas áreas já terem sofrido grande desmatamento, em décadas anteriores, tendo em vista, o ciclo econômico de atividades agrícolas no Norte Fluminense. Áreas com valores de -1 possuem certa estabilidade no desmatamento, tendo em vista que, desde 1991, não apresentou mais desmatamento. Destaca-se que essas áreas se localizam em áreas de agropecuária, ou tiveram um desmatamento crescente, antes dos anos analisados, se estabilizando entre 1991 e 2021. As áreas

com valores positivos, de 0 até 1, apresentam uma demanda de desmatamento crescente, muito associada ao processo de expansão de áreas urbanas e agropecuária. As áreas sem alteração, ou seja, que não sofreram desmatamentos, em nenhum dos períodos, são representadas por áreas íngremes, de difícil acesso, ou localizadas em áreas de unidades de conservação, o que explica a sua preservação, como áreas sem desmatamentos.

CONCLUSÕES

Pesquisas sobre áreas de desmatamento têm se tornado, cada vez mais, necessárias, visto que tem se intensificado a diminuição de áreas preservadas e de formação original, por conta da ocupação territorial, seja ela por usos habitacionais, industriais, ou até mesmo, de áreas destinadas à agricultura, pecuária ou extração de algum tipo de mineral. Através das geotecnologias, é possível realizar análises espaciais, que auxiliam na criação de políticas públicas para a redução de desmatamento e a maior conservação dessas áreas.

Na região da região hidrográfica IX, é possível analisar que as regiões mais afetadas pelo desmatamento, neste intervalo de tempo, estão localizadas nas regiões sul, leste e oeste da área de estudos. Essas transformações maiores podem ser caracterizadas por conta da expansão urbana, já que em algumas, quando comparadas com o mapa de uso e cobertura do MapBiomass, mostram grandes manchas urbanas.

Algumas áreas com menores taxas de desmatamento, ao longo desses 30 anos, podem ser justificadas pela ocorrência de desmatamentos mais antigos, em anos antes dos analisados, pois essa área tem o histórico de atividades agropecuárias, como o plantio de cana-de-açúcar, por exemplo. Esse trabalho poderá ser replicado para todo o estado do Rio de Janeiro e, até mesmo, para outros estados e países, através de dados de uso e cobertura da terra, como os disponíveis pelo MapBiomass, com uma temporalidade maior que 30 anos de mapeamento, associado ao uso do indicador de desmatamento, adotado nesta pesquisa. A aplicação dessa metodologia apresentou resultados significativos para o entendimento das taxas de desmatamento da área em estudo.

Como desdobramentos futuros desta pesquisa, pretende-se reunir outros indicadores ambientais, a fim de analisar os estados ambientais dessas paisagens, de maneira mais ampla e completa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GELAIN, A.J.L. *et al.* Desmatamento no Brasil: um problema ambiental. **Revista Capital Científico-Eletrônica (RCCe)**, v. 10, n. 1, 2012.
- GIRÃO, R. e S.; VICENS, R.S.; ALMEIDA, J.C.H. de; FERNANDES, P.J.F. Mapeamento Geomorfológico Regional Semiautomatizado por Descoberta e Modelagem do Conhecimento. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 22, n. 4, 2021.
- PARANHOS, P. **O açúcar no Norte Fluminense**. Revista Histórica, n. 8, mar. 2006.
- RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V. Da; CAVALCANTI, A. de P.B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Imprensa Universitária, 2022.
- SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. Edusp, 2002.
- VICENS, R.S.; RODRIGUEZ, J.; CRONEMBERGER, F. A Paisagem Físico-Geográfica: Identificação e Classificação. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 64, n. 1, p. 202-219, 2019.
- VICENS, R.S.; RODRIGUEZ, J.; CRONEMBERGER, F. A Paisagem Físico-Geográfica: Representação Cartográfica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 64, n. 2, p. 2-17, abr. 2020.

CAPÍTULO 64

MARÉ CRESCENTE: UMA ANÁLISE DA EXPANSÃO POPULACIONAL DAS FAVELAS DO COMPLEXO DA MARÉ ENTRE 2000 E 2022

Fernando Nóbrega de Moraes¹
Guilherme Fenelon de Sena Machado¹
Rita Maria Cupertino Bastos¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN).
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909.
carlamad@gmail.com.

RESUMO

O Complexo da Maré é uma conurbação de favelas que, dada a sua extensão e diversidade, oferece um panorama amplo para a compreensão da multiforme favela carioca, e, por conseguinte, do processo de formação do espaço urbano do Rio de Janeiro. O uso das geotecnologias e da cartografia, possibilitam o estudo da espacialização da população favelada no Complexo, bem como permitem observar, analisar e compreender a evolução das formas nos territórios de favela. Com isso, o objetivo deste estudo é analisar a evolução espaço-temporal das favelas do Complexo da Maré, no período entre 1999 e 2022. Utilizando o acervo de ortofotomosaicos, disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos (IPP) e os dados populacionais dos Censos Demográficos, realizados nos anos 2000, 2010 e 2022, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Palavras-chave: favela; geotecnologias; cartografia de favelas; urbanização.

ABSTRACT

Complexo da Maré is a conurbation of favelas that, given their extension and diversity, offer a broad panorama for understanding the multiform Rio favela, and, consequently, the process of formation of urban space in Rio de Janeiro. The use of geotechnology and cartography makes it possible to study the spatialization of the favela population in the Complexo, as well as allowing us to observe, analyze and understand the evolution of forms in favela territories. Therefore, the objective of this study is to analyze the spatio-temporal evolution of the favelas of Complexo da Maré, in the period between 1999 and 2022. Using the collection of orthophotomosaics made available by the Instituto Pereira Passos (IPP) and population data from the Demographic Censuses, carried out in the years 2000, 2010 and 2022, by the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Keywords: favelas; geotechnologies; favela cartography; urbanization.

INTRODUÇÃO

No contexto dos países periféricos do capitalismo, embora tenha sido observado um acelerado crescimento urbano, desde a década de 1960, nota-se que, diferente dos países centrais, o motor desse processo de urbanização não está alinhado ao desenvolvimento econômico, propriamente dito. Nesse contexto, Castells (1974) aponta que o crescimento urbano nos países de capitalismo central está geralmente aliado à diversificação industrial, ao desenvolvimento tecnológico e à pluralidade de trocas exteriores das sociedades. Ainda segundo o autor, nos países periféricos, historicamente, inseridos na economia global, sob o diferencial de estarem na condição de subordinação e dependência, em específico, no caso da América Latina, observa-se que o crescimento urbano ocorre desvinculado ao crescimento econômico, mais precisamente, ao emprego industrial. Dito isso, entende-se que a urbanização, no contexto dessas cidades, é impulsionada pela reprodução da pobreza, não pela oferta de empregos. Consequência direta disso, é a expansão de áreas de

moradia, sem infraestrutura adequada, considerando, nesse caso, apenas a dimensão das características físicas dessas ocupações. Em busca de uma definição clássica para favela, pode-se dizer que esses espaços são marcados, em geral, pelo “excesso de população, habitações pobres ou informais, acesso inadequado à água potável e condições sanitárias e insegurança da posse da moradia (Davis, 2005, p. 33). Enquanto a população favelada representa cerca de 6% da população total, em média, nos países centrais; no caso dos países periféricos, é de, em média, 78,2% da população urbana total. Tratando-se de Brasil, segundo UN-Habitat (2003, *apud* Davis, 2005, p. 34), 36,6% da população urbana do país é população favelada, o que, em números totais, consiste em 51,7 milhões de pessoas. Números que posicionam o Brasil em terceiro lugar, em relação aos países com as maiores populações faveladas do mundo. Pode-se afirmar, portanto, que, no contexto brasileiro e no caso do Rio de Janeiro, não se pode distinguir o processo de urbanização do processo de favelização, como diz Davis, “urbanização” e “favelização”, aqui, são sinônimos. (Davis, 2005, p. 27). No caso do Rio de Janeiro, embora nas últimas décadas, o crescimento populacional esteja, cada vez mais, tímido, as favelas crescem, em um ritmo, ao menos, duas vezes maior do que a média de crescimento da população que ocupa espaços formais (Barreira; Botelho, 2008, p. 1). O Complexo da Maré, composto por dezesseis favelas (Figura 1), com uma população estimada em 140 mil pessoas, foi reconhecido como bairro no ano de 1994. Vem se consolidando como espaço de moradia de milhares de pessoas, desde meados da década de 1940, com a construção da Avenida Brasil, empreendimento que visava favorecer as indústrias que se instalavam, no mesmo período, nos subúrbios da cidade (Vieira, 2020, p. 28). Território localizado na Zona Norte do Rio de Janeiro, margeado pelas principais vias de circulação do município: a Avenida Brasil, a Linha Vermelha e a Linha Amarela. Suas favelas apresentam um amplo panorama de análise desse fenômeno urbano, com exemplos de ocupação e paisagens. Desde favelas de autoconstrução, como as primeiras ocupações, a exemplo do Morro do Timbau e da Baixa do Sapateiro, às áreas de moradia, planejadas oficialmente pelo Estado, como o Conjunto Novo Pinheiros (Salsa e Merengue) ou o Conjunto Habitacional Bento Ribeiro Dantas, ambos criados nas últimas três décadas (Redes da Maré, 2019).

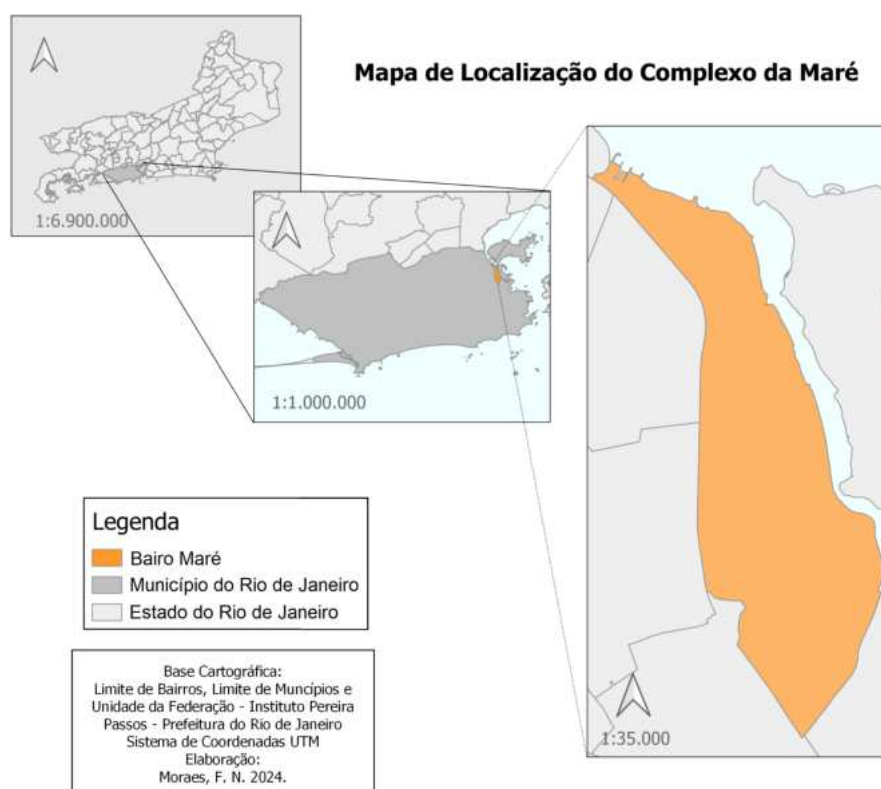


FIGURA 1 - Mapa de Localização do Complexo da Maré. Fonte: Instituto Pereira Passos (2024).

Com isso, o objetivo desta pesquisa consiste em observar e analisar, através da cartografia e das geotecnologias, a espacialização da população favelada do Complexo da Maré, entre os anos 2000 e 2022, por meio dos dados dos censos demográficos mais recentes e de ortofotomosaicos, de 1999 a 2019. Também, busca-se compreender como essa espacialização se materializou na expansão e nas formas dos territórios favelados. Gerando questionamentos quanto à lógica de ocupação do espaço e a caracterização das morfologias de favela, ao longo dos anos.

METODOLOGIA

Para organizar os procedimentos adotados na produção dos resultados da presente pesquisa, as etapas metodológicas do trabalho foram divididas em dois eixos. No primeiro eixo, foram adquiridos os dados alfanuméricos, em formato de tabelas, referentes aos resultados da contagem de população, realizadas nos censos dos anos 2000, 2010 e 2022. Juntamente com os arquivos vetoriais, correspondentes às malhas de bairros e de setores censitários do município do Rio de Janeiro. Ambos, provenientes da base de dados do IBGE. No segundo, eixo foram obtidos os ortofotomosaicos do bairro da Maré e adjacências, cedidos pelo IPP, correspondentes aos anos de 1999, 2004, 2009 a 2013, 2015 e 2019; com valores de 85 cm a 15 cm de resolução espacial e resolução espectral RGB. Também foram adquiridos os arquivos vetoriais, no acervo de dados do MPRJ, correspondentes às malhas territoriais, que delimitam as favelas do Complexo da Maré, correspondentes ao ano de 2019. Essas malhas territoriais, bem como o mosaico de 2019, serviram de referência para operacionalização da pesquisa. A análise das delimitações, caracterizadas nas malhas supracitadas, foi realizada em conjunto com as delimitações identificadas na base de dados do acervo do *Wikimapia* (projeto de mapeamento colaborativo). Também, foi recrutado para as análises, o arquivo vetorial correspondente ao mapa de uso e cobertura do solo do município do Rio de Janeiro, adquirido também no acervo da base de dados do IPP.

O processamento dos dados também dividiu-se em dois eixos, visando a produção dos mapas de densidade demográfica e as análises de expansão de área construída. Para o primeiro eixo de análise, foi utilizado o sistema de informação geográfica QGIS. Nessa etapa, os arquivos vetoriais foram selecionados e organizados, conforme a necessidade de demonstrar a área e os setores censitários, correspondentes ao bairro da Maré. Assim como, os dados alfanuméricos foram selecionados, tabulados e gerados dados de densidade demográfica por quilômetro quadrado. A segunda etapa, foi norteadas pelo processamento dos ortofotomosaicos, mencionados anteriormente. Os arquivos matriciais foram recortados, conforme os vetores de delimitação da área do bairro, presente na malha territorial de bairros do Rio de Janeiro (IPP). Em seguida, as imagens foram submetidas à análise de erros geométricos, que consistiu, em uma plotagem de 30 pontos identificáveis e imutáveis, em todas as imagens, ao longo do tempo. Como resultado da análise, foram obtidos resultados, que comprovaram um grau de precisão geométrica satisfatório. A etapa seguinte consistiu na retificação das áreas de comunidades, a partir da análise comparada dos arquivos de malhas territoriais. Tendo sido estabelecidas, as malhas de território de referência, bem como, tomando por base de referência, o mosaico do ano de 2019. Foram realizadas as vetorizações dos limites territoriais de cada uma das favelas do Complexo, em sobreposição dos mosaicos anteriores ao arquivo de referência. Então, a partir desse procedimento, foram obtidos os limites territoriais, correspondentes a cada ano de análise. Tomando por base os arquivos vetoriais resultantes, os valores de área correspondente aos territórios das favelas foram extraídos para cada ano de análise. Com essas informações, foi elaborado o Gráfico de Expansão da Área Construída, que demonstra, em valores percentuais, o crescimento da área ocupada ao longo do solo do bairro.

RESULTADOS

Os Mapas de Densidade Demográfica produzidos correspondem aos anos 2000, 2010 e 2022 (Figuras 2 e 3). Uma primeira questão, diz respeito aos limites de área dos setores censitários, no caso do mapa de 2000. A área dos setores censitários apresenta grandes distorções, em relação à área delimitada pela malha de bairros e, consequentemente, os limites representados nos ortofotomosaicos. Os polígonos dos setores, sobretudo ao norte, ultrapassam a área continental, avançando para a Baía de Guanabara e Ilha do Fundão. Enquanto, ao sul, estão recuados, no canto inferior do mapa. Na área que corresponde ao Conjunto Vila do João. Essa questão deve ser considerada, ao analisar os valores de área, utilizados nos cálculos para obtenção dos dados de densidade demográfica por quilômetro quadrado. Incidindo diretamente na precisão dos resultados obtidos. Ainda no contexto da área dos setores censitários, no mapa do ano 2000, observa-se que, onde estão sobrepostos os polígonos correspondentes às favelas Vila Pinheiros, Conjunto Novo Pinheiro (Salsa e Merengue) e Conjunto Esperança, não há setores correspondentes. Considerando essa questão, argumenta-se a hipótese de que, quando do cadastramento dos setores censitários, que seriam utilizados na divisão do bairro, o Conjunto Novo Pinheiro (Salsa e Merengue), ainda não havia sido ocupado, quiçá, não havia sido construído. Corroborando a hipótese, menciona-se que a inauguração do conjunto foi realizada nos anos 2000, pelo Governo Municipal. Entretanto, o mesmo não se pode verificar, em relação às outras favelas, cujas datas de inauguração e ocupação, antecedem consideravelmente o período analisado. Em relação ao mapa de 2010, ainda é possível identificar distorções na delimitação dos setores, embora se observe mais coesão entre os setores e a delimitação das comunidades, do que em relação ao mapa de 2000. Distorções, observadas nos territórios na malha dos anos 2000, foram reparadas, correspondentes às favelas Roque Pinto e Ramos, ao norte; e Comunidade Novo Pinheiro (Salsa e Merengue), ao sul.

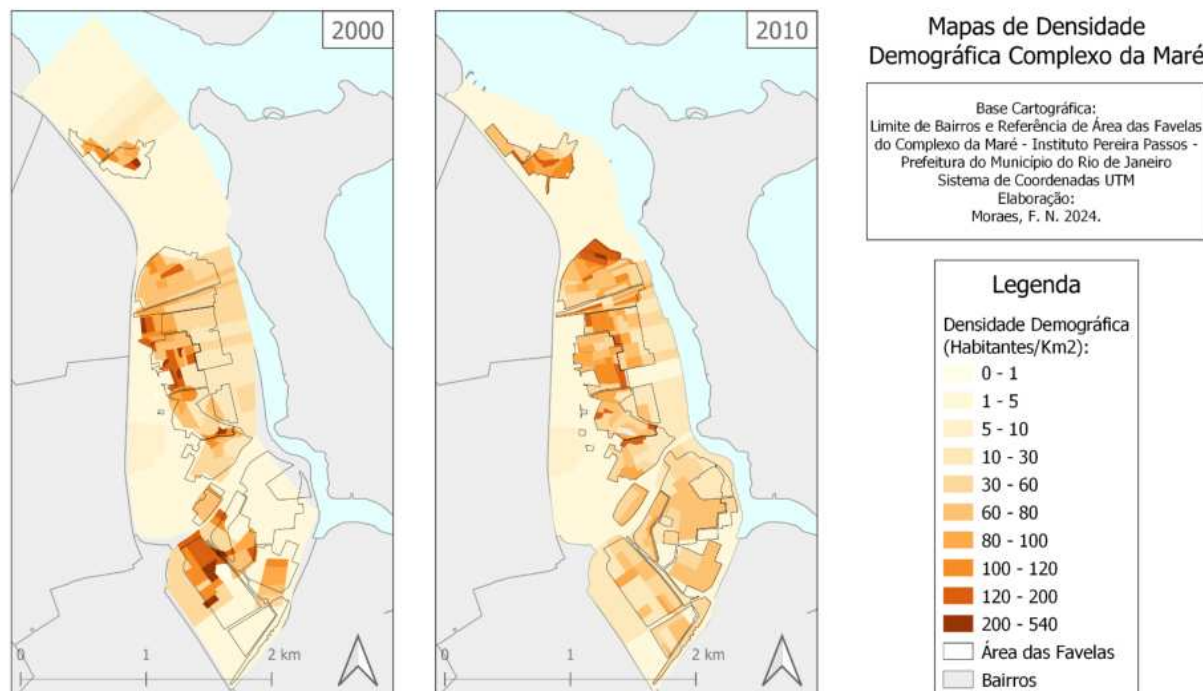
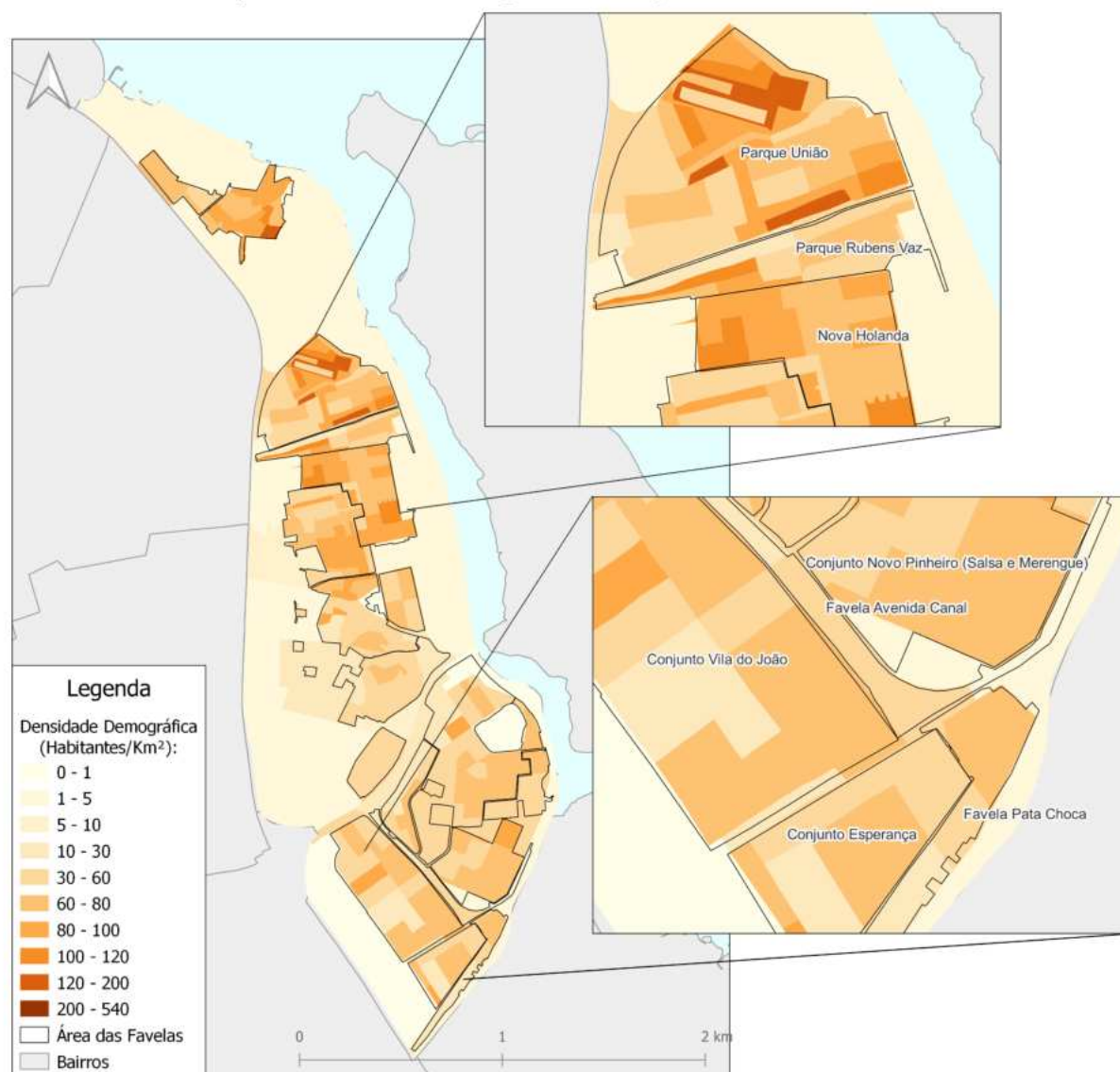


FIGURA 2 - Mapas de Densidade Demográfica dos anos do Complexo da Maré, em 2000 e 2010.

Fonte: IPP, MPRJ e IBGE (2000, 2010, 2019).

Mapa de Densidade Demográfica - Complexo da Maré - 2022

**FIGURA 3 -** Mapa de Densidade Demográfica do Complexo da Maré em 2022.

Fonte: IPP, MPRJ e IBGE (2019, 2022).

A simbologia utilizada nos mapas indica intervalos de gradação de cor para representar o grau de densidade na área dos setores, sendo as cores mais escuras, correspondentes às áreas mais densas, e as cores mais claras, às áreas menos densas. Sendo assim, percebe-se um aparente contrassenso, visto que, o mapa dos anos 2000, sobretudo ao sul, apresenta mais setores densos, que os mapas de 2010 e 2022. Entre 2000 e 2010, houve um aumento de 12,26%, na população total do Complexo, valor superior à média do estado, que registrou um crescimento de 9,1% (IBGE, 2010). O ocorrido, entretanto, explica-se, devido ao número total de setores censitários cadastrados para cada ano de análise. Partindo de uma análise conjugada entre os mapas e a Tabela de Dados Populacionais, vê-se que a base de setores cadastrados nos anos 2000 era de 128 setores censitários; para 185, em 2010; e 244, em 2022 (Tabela 1).

TABELA 1 - Dados populacionais do Complexo da Maré.

Informação	2000	2010	2022
População total	113.807	129.715	124.832
Setores censitários	128	185	244
Média de pessoas por setor censitário	889,1	697,4	511,6
Aumento ou decréscimo de população em %	Ano de Referência	12,26%	- 3.78%

Fonte: IBGE (2024).

Logo, o mapa predecessor, indicando mais áreas densas, é reflexo de uma média superior de pessoas, por setor. Contudo, o mapa de 2022 apresenta um número maior de setores e também, um decréscimo nos números totais de população, contando com uma redução de 3.78%. Ressalta-se um decréscimo duas vezes maior do que o município do Rio de Janeiro, que apresentou um decréscimo de 1,72%, na sua população total (IBGE, 2024). Com isso, observa-se que 2022 apresenta uma maior desconcentração entre os resultados obtidos. Em conformidade com o mapa 2010, as áreas das Comunidade Parque União, Roquete Pinto e Nova Holanda continuam apresentando os setores mais densos do Complexo. A concentração de setores densos, presentes a oeste do mapa de 2000, pode indicar uma possível distribuição nas áreas mencionadas, entre 2010 e 2022. Ainda, nesse aspecto, se analisa os setores ao sul do mapa, nas áreas correspondentes aos conjuntos Nova Pinheiros (Salsa e Merengue), Vila do João, Esperança e às Favelas Avenida Canal e Pata Choca. Observa-se que a mancha densa, ao sul do mapa de 2000, foi diluída nos novos setores, que correspondem a essas áreas, que antes, não possuíam setores correspondentes, e agora, é possível observar um alto grau de coesão das áreas, inclusive, das áreas de favelas de autoconstrução. Em linhas gerais, pode-se dizer que o mapa de 2022 é o que melhor representou as realidades do Complexo da Maré, ao longo dos anos, visto que as delimitações dos setores correspondem, com alta precisão, com os limites das favelas. Há de se considerar também que mais setores censitários cadastrados permitem grau superior de detalhamento, atribuindo mais complexidade à representação.

Quanto ao trabalho realizado com os ortofotomosaicos, usando como referência as malhas territoriais que delimitam as favelas e, como referência, ortofotomosaico, ambos de 2019. Com base na área construída observável nos mosaicos, em cada ano de análise, foram realizadas as vetorizações, a partir da malha de referência. Gerando polígonos de área, correspondentes com os territórios das favelas, nos anos 1999, 2004, 2009 a 2013, 2015 e 2019. A partir disso, foram obtidos os valores de área de cada favela nos diferentes anos de análise. Tendo esses dados em posse, foi elaborado o Gráfico de Expansão de Área Construída (Figura 4). Conforme os resultados obtidos, observou-se, entre 1999 e 2019, uma expansão de 15% da área construída, ao longo do Complexo. É importante mencionar, porém, que essa expansão diz respeito somente à área construída horizontalmente, isto é, novas ocupações no solo. Também, como critério de análise dessa expansão, foram consideradas apenas as construções que caracterizam moradias. Nota-se que a curva de crescimento tende a uma estabilização, entre os anos de 2015 e 2019, apresentando um crescimento de apenas 0,92%, em 5 anos. Fatores que podemos argumentar para a redução no ritmo da expansão, observável horizontalmente, das áreas construídas, são: a saturação da ocupação do solo, mas também, a desaceleração do crescimento da população, que apresentou, como já mencionado, um decréscimo, na última década.



FIGURA 4 - Gráfico de Expansão de Área Construída do Complexo da Maré. Fonte: IPP (2004-2019).

Ainda no contexto das expansões de área construída, observadas no período entre 1999 e 2019, é importante mencionar as áreas ocupadas por aparelhos públicos criados pelo Estado. Exemplos notáveis são: o Complexo Educacional da Maré (ou *Campus Maré I*) e a Vila Olímpica da Maré, localizados entre a Linha Vermelha e o Conjunto Nova Maré e que, juntos, somam aproximadamente 50 mil metros quadrados de área ocupada. Também, o Campus Educacional Maré II e a Escola Municipal Vereadora Marielle Franco, ambos, localizados nos entornos do Conjunto Novo Pinheiro (Salsa e Merengue). As obras das áreas mencionadas começaram no ano de 2011, sendo totalmente finalizadas em 2018 (Carvalho, 2021).

CONCLUSÕES

O aumento da população total do Complexo da Maré, em 9,69%, entre 2000 e 2022, se expressou espacialmente no adensamento das ocupações já existentes e na expansão horizontal das áreas construídas, com fins de moradia, observadas entre 1999 e 2019. Esse crescimento apresentou um ritmo reduzido nos últimos anos, indicando uma estabilização. Notou-se que, muito da expansão observada, ocorreu em áreas não favoráveis para a ocupação de moradia. Devido à saturação da ocupação do solo, casas avançam para os canais que cortam o Complexo, em um movimento anacrônico, que remete ao passado das favelas de palafitas, lugar de gênese das favelas mais antigas da Maré. Observou-se, também, a produção de amenidades públicas, na forma dos complexos educacionais, construídos pelo Estado. Diante das análises realizadas neste trabalho, sugere-se que a condução das investigações, na continuidade da pesquisa, pretenda observar as condições socioespaciais da população residente nestes espaços. Para que se possa estabelecer associações entre as formas e condições de ocupação, com as formas sociais identificadas, mediante índices de exclusão social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARREIRA, M.R.A; BOTELHO, M.L. Crise urbana e favelização no Rio de Janeiro: para uma crítica da “questão urbana” contemporânea. *In: III Simpósio Lutas Sociais na América Latina*, Londrina, 24 a 26 de setembro de 2008. <http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gepal/terceirosimposio/marcosrodrigues.pdf>
- CARVALHO, E.; EUCLIDES, H.; MARTINS, A. Um campus educacional chamado Maré. **Maré de Notícias**, Rio de Janeiro, 9 fev. 2021. <https://mareonline.com.br/um-campus-educacional-chamado-mare/>
- CASTELLS, M.O. **A Questão Urbana**. 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1974.
- DAVIS, M. **Planeta Favela**. São Paulo: Boitempo Editorial, 2006.
- REDES DA MARÉ. **Censo populacional da Maré**. Rio de Janeiro: Redes da Maré, 2019. <https://www.redesdamare.org.br/br/info/12/censo-mare>
- VIEIRA, A.C.P; SILVA, C.R.R.S; OLIVEIRA, L.A. **A Maré em 12 tempos**. Rio de Janeiro: ADOV/Museu da Maré, 2020. <https://arquivomuseudamare.org/acervo-bibliografico/a-mare-em-12-tempos/>

CAPÍTULO 65

O ARCO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: UMA ANÁLISE ESPACIAL DO PAPEL DAS RODOVIAS COMO VETOR DO DESFLORESTAMENTO

Fernanda Faria Rodrigues da Silva¹

Guilherme Christian Chaia Lopes¹

Felipe Gonçalves Amaral¹

Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. fernandafariardasilva@gmail.com; chaiaiguilherme@gmail.com; f.g.amaral19@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

A Amazônia Legal, área que cobre a maior floresta do mundo, ao longo das últimas décadas, vem sofrendo, cada vez mais, com as consequências do avanço da agropecuária, como o desmatamento. Ao passo que a fronteira agrícola avança, as florestas, conhecidas por sua enorme biodiversidade, tendem a desaparecer. A expansão do agronegócio na região, somada a necessidade de uma logística de transporte de grãos torna-se uma possível porta de entrada para o avanço do desmatamento em regiões mais distantes. A supressão florestal na Amazônia Legal não é recente, no entanto, a fronteira do arco do desflorestamento está mudando, ao longo das últimas décadas (Amaral *et. al.*, 2022), ampliando os seus limites, que por sua vez, estão se expandindo para áreas mais remotas. Desse modo, a interiorização dessa supressão pode ter alguns vetores permissivos associados a ela, tais como as rodovias. Este trabalho utilizou dados do MapBiomas junto ao *software* Dinamica EGO para a geração dos pesos de evidência das rodovias federais, estaduais e outros trechos no desflorestamento do novo arco do desmatamento da Amazônia Legal. Com os resultados obtidos, foi possível concluir que as rodovias são um forte vetor de interiorização, principalmente, na parte mais ao norte do novo arco. Por fim, também foi possível observar as diferenças de pesos nos tipos de rodovias e, a partir de análises espaciais, verificar a correlação dos padrões espaciais de supressão com a distribuição espacial dessas rodovias.

Palavras-chave: rodovias; desmatamento; Dinamica EGO; Amazônia Legal; geotecnologias; ecologia de estradas.

ABSTRACT

*The Legal Amazon, an area that covers the largest forest in the world, has been increasingly suffering over the last few decades from the consequences of the advance of agriculture, such as deforestation. As the agricultural frontier advances, forests, known for their enormous biodiversity, tend to disappear. The expansion of agribusiness in the region, combined with the need for grain transport logistics, becomes a possible gateway to the advancement of deforestation in more distant regions. Forest suppression in the Legal Amazon is not recent, however, the border of the deforestation arc has been changing over the last few decades (Amaral *et. al.*, 2022), expanding its limits, which, in turn, are becoming expanding to more remote areas. Therefore, the internalization of this suppression may have some permissive vectors associated with it, such as highways. This study used data from MapBiomas together with the Dinamica EGO Software to generate weights of evidence for federal and state highways and other sections in the deforestation of the new arc of deforestation in the Legal Amazon. With the results obtained, it was possible to conclude that highways are a strong vector of interiorization, especially in the northernmost part of the new arc. Finally, it was also possible to observe the differences in weights in the types of highways and, through spatial analysis, verify the correlation of spatial patterns of suppression with the spatial distribution of these highways.*

Keywords: highways; deforestation; Dinamica EGO; Legal Amazon; geotechnologies; road ecology.

INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal, área que cobre a maior floresta do mundo, ao longo das últimas décadas, vem sofrendo, cada vez mais, com as consequências do avanço da agropecuária, sendo uma delas, o desmatamento. Ao passo que a fronteira agrícola avança, as florestas, conhecidas por sua enorme biodiversidade, tendem a desaparecer. Ao mesmo tempo, com a expansão do agronegócio, em estados como o Mato Grosso (MT), que foi a unidade da federação com maior valor de produção agrícola em 2022 (IBGE), torna-se essencial uma logística de transporte dos grãos, tanto interna, quanto para exportação. Por sua vez, o país possui seu transporte terrestre focado principalmente nas rodovias. Tendo em vista o caráter das rodovias, como um vetor de interiorização do desmatamento, conectando regiões mais distantes, torna-se crucial compreender qual é o peso dos diferentes tipos de rodovias na contribuição para o desmatamento nesta região, que engloba a enorme biodiversidade dos biomas Amazônico, Cerrado e Pantanal e também, as áreas de proteção ambiental e as terras indígenas, em contrapartida com a grande influência do agronegócio na região. A supressão florestal na Amazônia Legal não é recente, no entanto, a fronteira do arco do desflorestamento está mudando, ao longo das últimas décadas (Amaral *et. al.*, 2022), ampliando os seus limites, esses que, por sua vez, estão se expandindo para áreas mais remotas. Desse modo, a interiorização dessa supressão pode ter alguns vetores permissivos, associados a ela, tais como as rodovias. Objetiva-se então, entender qual é o peso de evidência dos diferentes tipos de rodovias no novo arco do desmatamento da Amazônia.

METODOLOGIA

A geração de dados da superfície da Terra, ao longo do tempo, advinda do fenômeno do *Big EO Data*, permite a disponibilização de extensos dados temporais da Terra, que, por sua vez, viabiliza o monitoramento de fenômenos variados na superfície terrestre (Xia *et. al.*, 2018), dentre eles, o desmatamento. Sendo assim, os usos, gerados a partir de dados oriundos de sensoriamento remoto, como é o caso do MapBiomas, torna-se um aliado para entender como a dinâmica do desflorestamento na Amazônia Legal se deu, em boa parte, em função das rodovias ao longo do tempo. A Figura 1 apresenta a área de estudo e o desmatamento ocorrido nela, entre 1985 e 2022, além das rodovias presentes. A área de estudo é o arco do desmatamento da Amazônia, definido pelos municípios mais desmatados da região da Amazônia Legal, em 2020, pelo INPE. Esse arco do desflorestamento, para fins de análise, foi dividido em três regiões: Norte (1) e Sul (2) e Leste (3). A divisão do arco se deu pelas mesorregiões do IBGE e foi caracterizada, com base no comportamento visto em Amaral *et. al.* (2022), segundo o qual, a região 1 é identificada pelas novas flechas do desmatamento; a região 2, pela expansão agrícola; e a região 3, pela consolidação dos espaços não florestados. As três regiões possuem desflorestamentos distintos entre si, que podem possuir diferentes variáveis e/ou pesos. A escolha da divisão temporal seguiu os períodos de significantes mudanças no quantitativo desmatado na região, seja por aumentos ou quedas nessa supressão, como visto em Amaral *et. al.* (2022, p. 244), alterando apenas o último período e adicionando mais um, a fim de se trabalhar com dados mais recentes. Sendo assim, o desmatamento foi dividido em seis períodos: I -1985 a 1990; II - 1990 a 1998; III - 1998 a 2003; IV: 2003 a 2010; V - 2010 a 2015; VI - 2015 a 2022.

A Figura 2 exibe o fluxograma da metodologia adotada neste estudo. Para a sua realização, foram utilizados dados de desmatamento, da Coleção 8 do MapBiomas, desde 1985 até 2022. Os dados das rodovias também foram obtidos, por meio do site do MapBiomas, sendo elas, separadas em três categorias: federais, estaduais e outros trechos. Esses últimos, segundo o glossário do próprio *website*, são outros tipos de trechos rodoviários e/ou rodovias, que não são de responsabilidade federal ou estadual.

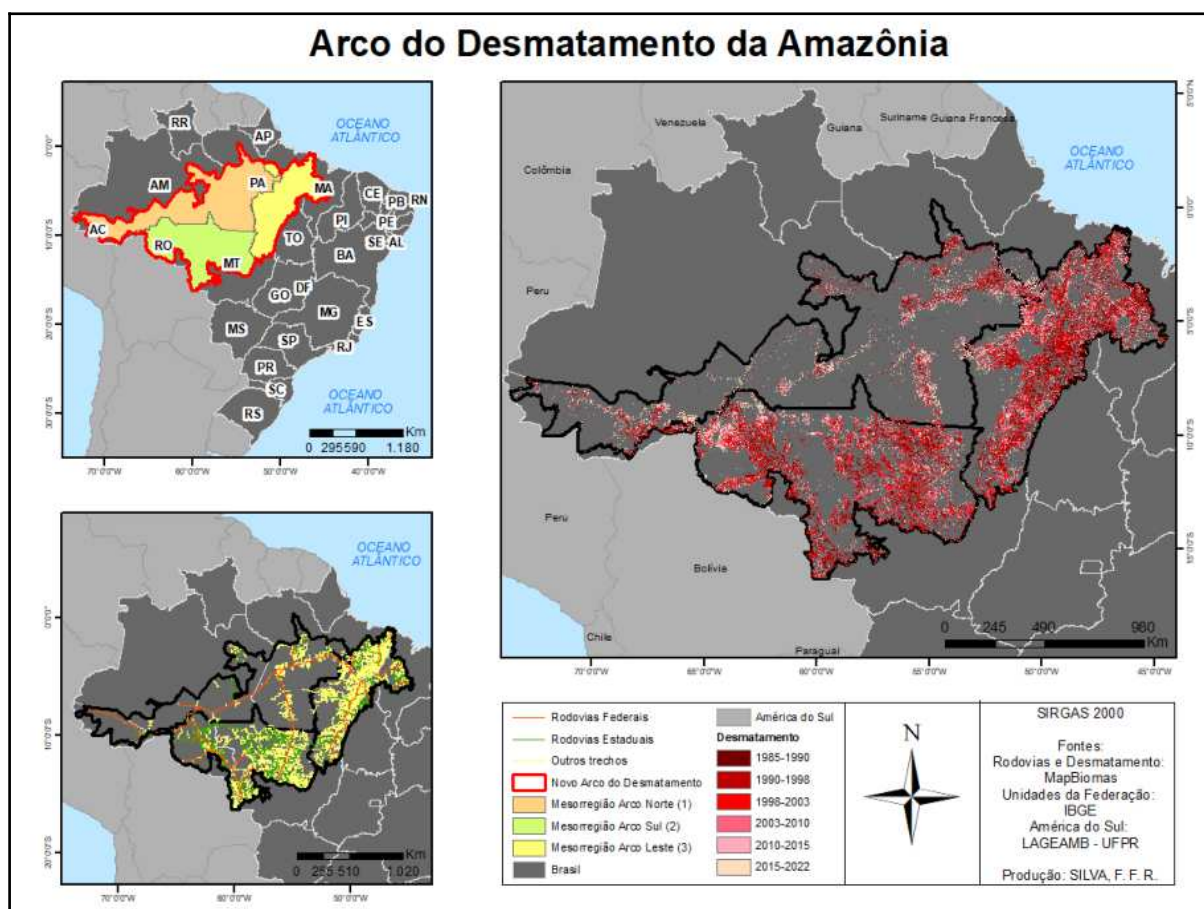


FIGURA 1 - Mapa da área de estudo. Elaboração própria (Fernanda Faria Rodrigues da Silva).

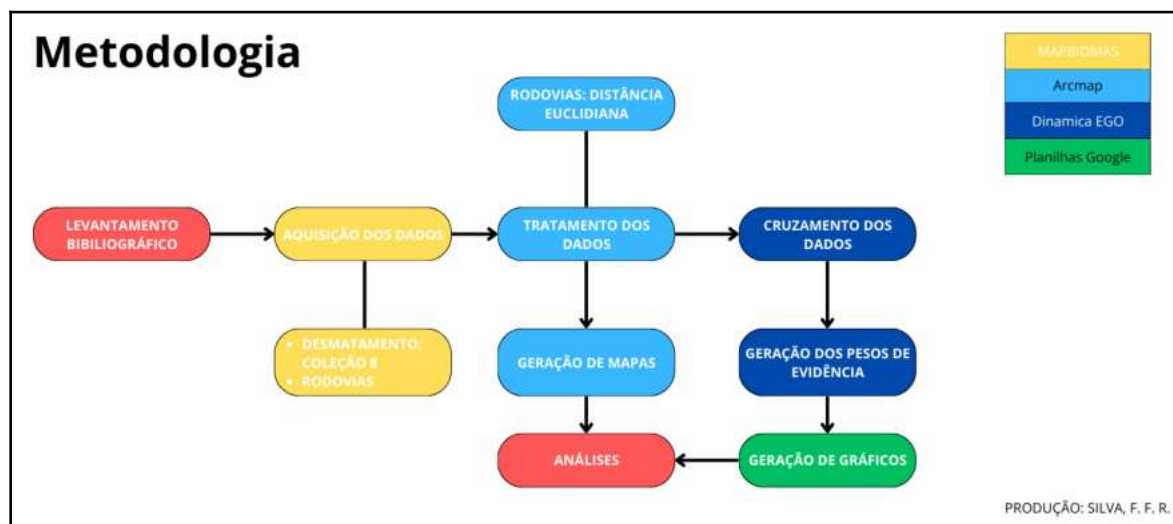


FIGURA 2 - Fluxograma da metodologia do trabalho. Elaboração própria (Fernanda Faria Rodrigues da Silva).

Após a aquisição dos dados das rodovias, os mesmos foram processados, utilizando o *software* ArcMap, tendo sido calculada a distância de cada *pixel* até a rodovia mais próxima, por meio da ferramenta “Distância Euclidiana”. A distância das áreas até as rodovias foi gerada para cada uma das três rodovias disponíveis, sendo divididas em cinco intervalos: 0-2 km, 2-10 km, 10-50 km, 50-100 km e maiores que 100 km. Essa é uma etapa importante no processo, pois os dados da distância das

rodovias são cruzados com os de desmatamento, a fim de investigar se a proximidade das estradas é um fator relevante, ou não, para a ocorrência de supressão florestal. As distâncias das rodovias podem ser observadas na Figura 3.

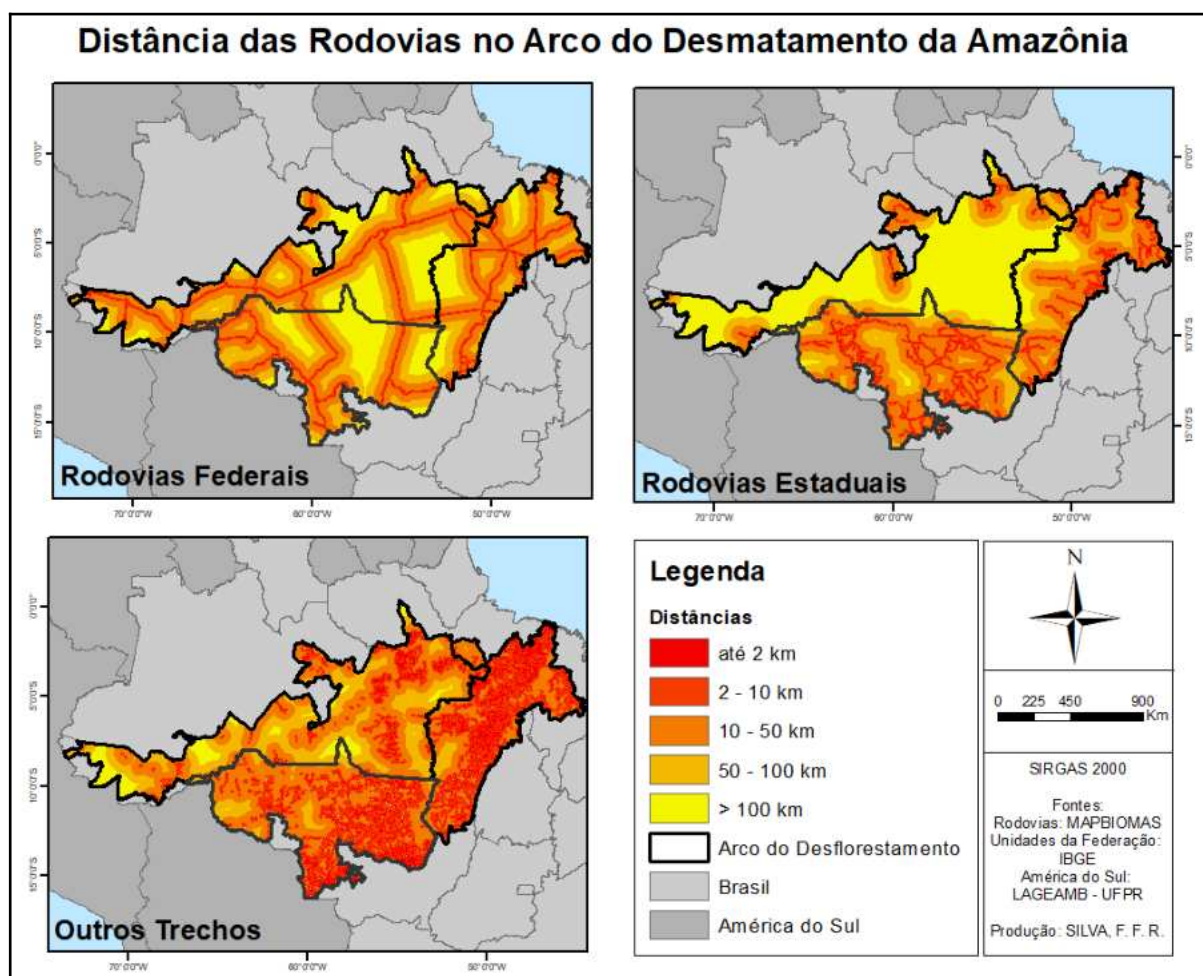


FIGURA 3 - Distância das rodovias. Elaboração própria (Fernanda Faria Rodrigues da Silva).

O cruzamento dos dados do desflorestamento com os das rodovias foi realizado no *software* Dinamica EGO. Desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o Dinamica EGO é um programa de modelagem espacial, que possibilita a simulação da dinâmica espacial e temporal de fenômenos ecológicos e/ou geográficos. A plataforma permite a modelagem e a análise das mudanças no uso da terra e na cobertura florestal, ao longo do tempo, empregando diversos operadores, que realizam operações lógicas, matemáticas e de análise espacial. O modelo é capaz de calcular as probabilidades da ocorrência de determinado evento, a partir da entrada de variáveis condicionantes e de um *raster* inicial e um final. Sendo assim, com base na análise das transições da paisagem (neste caso, de floresta para não floresta) e dada a presença ou a ausência de determinada variável, o *software* estabelece a correlação do evento com esse(s) fator(es), atribuindo pesos de evidência a ele(s), sendo esses positivos (permissivos ou atrativos) ou negativos (impeditivos ou repulsivos), em relação à ocorrência do evento (Lima *et al.*, 2013). Esses pesos refletem a probabilidade de uma determinada transição ocorrer, levando em consideração diversos fatores.

RESULTADOS

Na Figura 4, são exibidos os gráficos dos pesos de cada tipo de rodovia no desmatamento, detectado na área de estudo total e em cada mesorregião dela, sendo possível visualizar, no eixo Y, os pesos das variáveis, e no eixo X, as distâncias das áreas até as rodovias. Inicialmente, pode-se reafirmar a relevância das rodovias no desflorestamento, uma vez que, quanto menor a distância, maior é o peso delas, em relação ao desmatamento; à medida que a distância aumenta, esse peso tende a diminuir ou, até mesmo, tornar-se negativo.

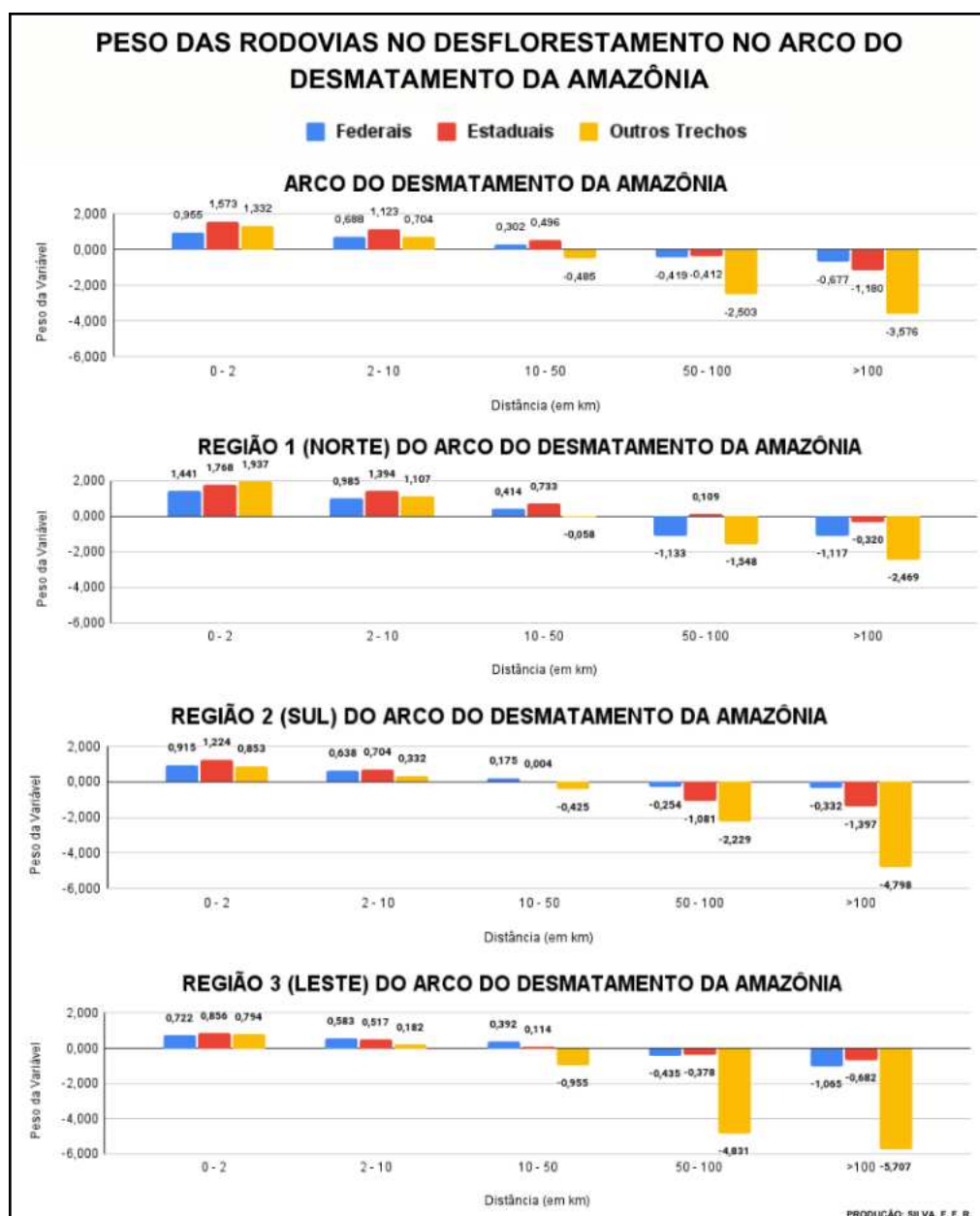


FIGURA 4 - Gráficos dos Pesos de Evidência das rodovias no desflorestamento na área de estudo.
Elaboração própria (Fernanda Faria Rodrigues da Silva).

Ao analisar o primeiro gráfico, referente aos pesos das rodovias no total do novo arco do desmatamento da Amazônia, observa-se que as rodovias estaduais são as que apresentam maior significância nas distâncias de até 50 km, seguidas pelos “outros trechos”, que têm um impacto superior ao das rodovias federais em distâncias de até 10 km. Apesar da grande importância das

rodovias federais para conectar diferentes estados e, consequentemente, facilitar o transporte de produtos, elas não possuem impactos tão significativos a curtas distâncias. No entanto, a probabilidade de impacto das rodovias federais é maior do que as demais em longas distâncias (acima de 100 km). Ao analisar separadamente as três regiões, observa-se uma tendência de predominância de pesos mais altos nas proximidades de rodovias estaduais, em comparação às demais, nas demais rodovias. Além disso, um fato relevante a se analisar é a presença de pesos maiores associado a presença de rodovias na mesorregião norte (1), em comparação às outras duas.

A região 1 é aquela, cujo desmatamento tem sido observado mais recentemente, conforme mostra Amaral *et. al.* (2022, p. 247), com um crescimento maior ao longo da última década, caracterizando então uma interiorização da supressão florestal. Diferentemente das regiões 2 e 3 do novo arco, nas quais já havia um desflorestamento consolidado, embora em crescimento, para o avanço da agropecuária nas regiões até o início dos anos 2000, a mesorregião norte é uma área de expansão mais recente do desmatamento, e a presença de rodovias mostra-se como um fator relevante para esse avanço da supressão. Destaca-se o papel das rodovias estaduais na região 1, pois, diferente das demais regiões e rodovias, elas mantêm um peso positivo, até mesmo, em distâncias entre 50 e 100 km; ou seja, continuam a ser vetores mais permissivos ao desmatamento.

A Figura 5, apresentada abaixo, mostra a distribuição espacial dos três tipos de rodovias na área de estudo e o desmatamento na região entre 1985 e 2022 (5A). As Figuras 5B e 5C destacam duas áreas, de mesorregiões - sul e norte, respectivamente, onde há rodovias e houve intenso desflorestamento, mas de maneiras diferentes.

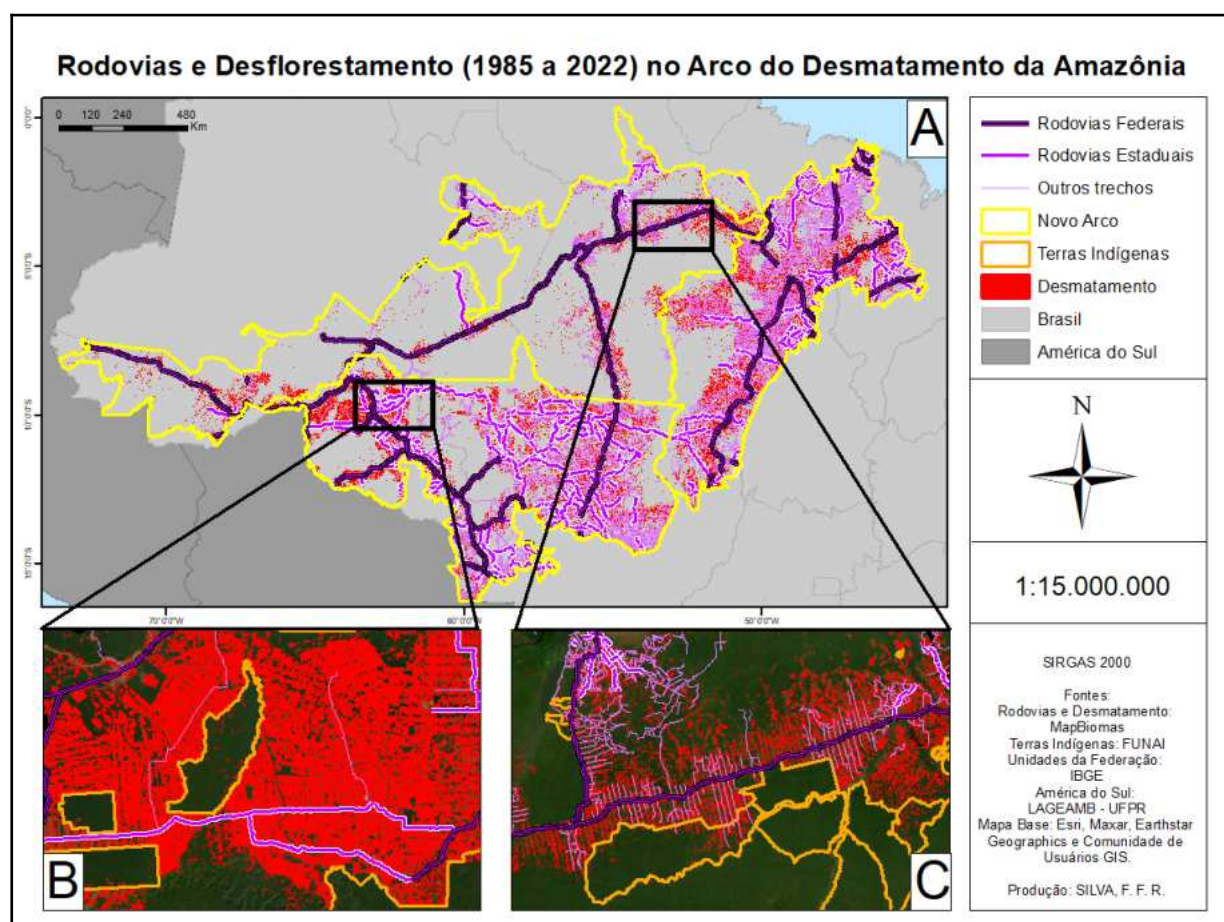


Figura 5 - A) Mapa das rodovias e do desmatamento na área de estudo; B) Área de enfoque de supressão dentro da mesorregião sul da área de estudo e TIs. 5C. Área de enfoque de supressão em estilo “espinha de peixe” dentro da mesorregião norte da área de estudo e TIs. Elaboração própria (Fernanda F. R. da Silva).

Na Figura 5B, é possível observar que a destruição das florestas ocorre, mesmo com a presença de poucas rodovias (embora haja os três tipos de rodovias nessa região), ao longo de quase toda a área. Nota-se também que o desmatamento nessa região destacada só não foi completo, devido à presença de terras indígenas (TIs). Ainda assim, houve um certo grau de supressão dentro dessas terras, apesar da proibição legal, no entanto, elas impediram o desflorestamento de avançar totalmente pela região, deixando pequenas zonas verdes, em meio ao avanço do desmate. Observa-se, ao longo da área em destaque, um padrão de desflorestação já consolidado, com formas bem definidas, relacionadas à forte presença de agricultura no local. Por sua vez, na Figura 5C, nota-se um desmatamento do estilo “espinha de peixe”, no qual, a rodovia principal é uma rodovia federal, que possui diversas ramificações dos “outros trechos”. Ao observar esse padrão espacial de desflorestamento, pode-se afirmar que a supressão florestal é influenciada pela presença desses outros trechos, nos quais, ocorre a perda florestal, ao seu redor. Sendo assim, ao observar o gráfico anterior (Figura 4), referente aos pesos na região, pode-se justificar que as rodovias federais não possuem um peso maior no desmatamento, pois elas são um fator de entrada para novas rodovias (como é o caso dos outros trechos), essas que, por sua vez, geram uma supressão em seu entorno, interiorizando o desflorestamento para regiões mais remotas, como é o que está ocorrendo nas últimas décadas. Por fim, é possível observar que, apesar da presença de terras indígenas na área, que tem sido um fator impeditivo a um avanço descontrolado do desmatamento na região, elas não têm sido respeitadas, tendo o seu interior invadido e desmatado.

CONCLUSÕES

O uso do *software* Dinamica EGO se mostrou eficiente para a geração dos pesos de evidência das rodovias, em diferentes regiões do novo arco do desmatamento da Amazônia Legal. Os dados resultantes, referentes aos pesos, puderam ser comprovados, ao analisar espacialmente a distribuição dos diferentes tipos de rodovias nas regiões de estudo e observar padrões espaciais de desmatamento. Foi possível afirmar a presença de uma interiorização do desmatamento na região norte do arco, que tem se dado de maneira mais recente, e na qual as rodovias possuem um importante papel, nesse avanço da supressão florestal (maior que nas demais regiões), com destaque para as rodovias “outros trechos” e para as estaduais. Foi possível observar também a importância das terras indígenas, como vetores impeditivos para o crescimento do desmatamento, em toda a Amazônia Legal, em contrapartida com as rodovias, que se apresentaram como vetores permissivos à desflorestação. Como próximos passos, pretende-se comparar o peso das rodovias com o peso de outros vetores (permissivos ou repulsivos) do desmatamento, a fim de compreender quais fatores são mais importantes em cada uma das três regiões de estudo. Para além disso, planeja-se também analisar, com mais detalhamento, como a presença das rodovias pode estar sendo um vetor de entrada para o desmatamento em nas indígenas e nas áreas de proteção ambiental, que não possuem os seus limites respeitados, e onde isso se mostra mais presente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F.G. *et. al.* Evolução Recente do Desflorestamento na Amazônia Legal: Supressão, Trajetórias e seus Padrões. In: MENEZES, P. M. L., FERNANDES, M. C., CRUZ, C. B. M. (org.). **Cartografias do ontem, hoje e amanhã**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2022. p. 239-266.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção Agrícola Municipal (PAM)**: Tabela 5457. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>
- LIMA, T.C.; GUILLEN-LIMA, C.M.; OLIVEIRA, M.S.; SOARES-FILHO, B.S. DINAMICA EGO e Land Change Modeler para simulação de desmatamento na Amazônia brasileira: análise comparativa. In: **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, INPE, 2013, p. 6379-6386.
- XIA, J.; YANG, C.; LI, Q. Building a spatiotemporal index for earth observation big data. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 73, p. 245-252, 2018.

CAPÍTULO 66

TEMPO DE DESLOCAMENTO ATÉ O CENTRO DO RIO DE JANEIRO USANDO ANÁLISE DE REDE

Rodrigo Luiz Sampaio¹

Alice Ayres de Jesus¹

Rafael Silva de Barros¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. rodrigo.sampaio@ufrj.br; aliceayr@ufrj.br; rafael.barros@igeo.ufrj.br.

RESUMO

O deslocamento nas metrópoles, especialmente, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), é um desafio diário. A RMRJ conta com um sistema de transporte público abrangente, incluindo ônibus, BRT, metrô, trens, barcas e bondes. Destacam-se o BRT com três linhas operacionais (até o final de 2023), o Metrô Rio com três linhas conectando diferentes áreas da cidade e a SuperVia, com 5 linhas ferroviárias e 4 extensões. O estudo analisa a rede de transportes coletivos na RMRJ, estimando o tempo de deslocamento de toda região até o Centro do Rio de Janeiro, visando identificar áreas de maior e menor tempo de viagem, utilizando dados do Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU) 2015 e o algoritmo Dijkstra de menor caminho. Os resultados mostram que Seropédica, Guapimirim, Magé, Itaboraí, entre outras, têm os piores tempos de deslocamento, podendo superar 2 horas e 30 min, apenas na ida pela manhã. A integração entre os sistemas de transporte, especialmente, com a rede de alta capacidade, reduz significativamente os tempos de viagem.

Palavras-chave: mobilidade urbana; transportes; rede.

ABSTRACT

Commuting in the Rio de Janeiro Metropolitan Area (RMRJ) is a daily challenge. The RMRJ has a wide transit network, which includes regular buses, bus rapid transit (BRT), rapid transit, ferry and trams. The BRT system has three operational lines, the Metrô Rio trains run on 3 lines, and the SuperVia trains system has 5 lines and 4 extensions. The study analyzes the public multi-modal transit network in the RMRJ, estimating commuting time to Rio de Janeiro downtown. We will identify areas with longer and shorter travel times using data from the 2015 Urban Mobility Master Plan (PDTU) and the Dijkstra shortest path algorithm. The results show that Seropédica, Guapimirim, Magé, Itaboraí, among others, have the worst commuting times, which can exceed 2 hours and 30 minutes just for the morning peak. We also show that integration between rapid transit systems and regular buses significantly reduces travel times.

Keywords: urban mobility; transit; networks.

INTRODUÇÃO

Deslocamento nas metrópoles é um desafio no dia a dia da população. A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) possui cerca de 12 milhões de pessoas, em seus 21 municípios constituintes (IBGE 2010). A RMRJ é servida por um sistema de transporte público abrangente, composto por uma extensa rede de ônibus e meios de maior capacidade, como BRT, Metrô, trens e bondes. O sistema BRT (*Bus Rapid Transit*) é uma parte importante do transporte público, com três linhas operacionais, até o final de 2023: Transcarioca, Transoeste e Transolímpica, que ainda não está em operação plena. O sistema de trens metropolitanos, operado pelo Metrô Rio, oferece três linhas, que conectam diferentes áreas da cidade, como a Zona Sul, Zona Norte e Barra da Tijuca. O Metrô Rio também oferece integração com ônibus em algumas estações. Já o sistema de trens urbanos, operado pela SuperVia, possui 5 linhas e 4 extensões, todas chamadas de "ramais". Há ainda os bondes do VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) Carioca integrando o Centro do Rio de Janeiro.

Mais de 15% dos postos de trabalho na cidade do Rio estão concentrados no Centro da cidade (Rio de Janeiro, 2018), fazendo dessa região, uma centralidade que atrai muitas viagens.

Este trabalho analisa a rede de transportes coletivos, disponível na RMRJ, para avaliar o tempo de deslocamento até o Centro do município do Rio de Janeiro. O objetivo é identificar as áreas da RMRJ com os menores e maiores tempos de deslocamento.

METODOLOGIA

Para a base de dados dos transportes públicos, será utilizado o Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU) 2015 (SETRANS 2015), que possui dados relativos a 2012. A base será atualizada com informações do BRT, VLT, Metrô Rio e ônibus, disponibilizadas por Rio de Janeiro (2022). A rede de alta capacidade considerada (Figura 1) é composta pelos BRT, Metrô Rio, SuperVia, VLT e ônibus de integração, pelo critério adotado por ITDP e WRI Brasil (2016). A rede de ônibus considerada inclui linhas intermunicipais e municipais (Figura 2).

Foi utilizado o método do índice People Near Transit (PNT) (ITDP; WRI Brasil, 2016) para estimar a área de atendimento de cada ponto de acesso aos coletivos. Foi aplicado um *buffer* com as distâncias sugeridas por Schlossberg e Brown (2004), que são 400 m (aproximadamente 0,25 milhas), ao redor dos pontos de ônibus e 800 m (aproximadamente 0,5 milhas) ao redor das estações de meios de maior capacidade.

A análise de redes, utilizada para estimar o tempo de deslocamento, foi feito com base no algoritmo Dijkstra, que testa uma matriz de possibilidades de caminhos no grafo, que representa a rede de transportes (Dijkstra, 2022; Mehlhorn; Sanders, 2008). O custo aplicado para o deslocamento em cada trecho da rede de ônibus foi o inverso da velocidade de 16 km/h, representando o pico da manhã baseado em Marujo *et al.* (2015) e, nas vias expressas, foi arbitrado um valor duas vezes maior, de 32 km/h. Já para o restante da rede, a velocidade adotada foi a média do respectivo meio ou modo naquela via ou trecho, segundo dados do PDTU (2015).

Os dados dos pontos de ônibus fora da cidade do Rio de Janeiro apresentam muitas irregularidades, com poucos pontos de embarque, mesmo onde há concentração de linhas (Figura 8). Por isso, o algoritmo Dijkstra foi rodado, partindo do centroide dos setores censitários, em vez de partir dos pontos de embarque. O resultado dos tempos de viagem em cada centroide foi interpolado, usando TIN (redes triangulares irregulares) para visualização, baseado em Tsai (1993). O fluxograma (Figura 3) resume o método aplicado.

FIGURA 1 - Rede de alta capacidade. Fonte: dados PDTU 2015.





FIGURA 2 - Rede de ônibus. Fonte: dados PDTU 2015.

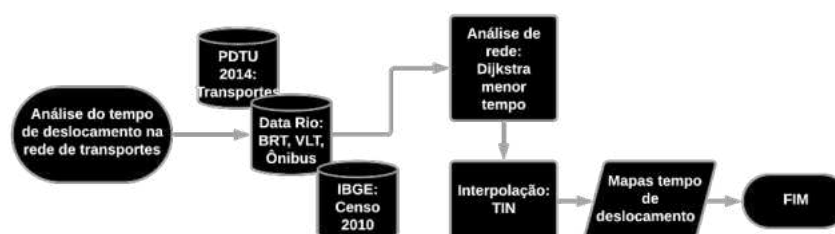


FIGURA 3 - Fluxograma do método aplicado. Elaboração própria.

RESULTADOS

Os piores tempos de deslocamento, considerando toda rede (Figura 4) para o Centro, foram observados para os residentes de Seropédica, Guapimirim, Magé (Mauá, sede, Rio Do Ouro e Santo Aleixo), Itaboraí, Tanguá, Rio Bonito, Maricá (Itaipuaçu, Jacomé e Ponta Negra) e parte da Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro (Sepetiba, Barra de Guaratiba e Pedra de Guaratiba). Para estes municípios, o tempo de deslocamento pode superar 3h, apenas na ida pela manhã. Somente nas Zonas Sul e Norte (excluindo partes da Ilha do Governador) da cidade do Rio de Janeiro e do Centro de Niterói se consegue deslocamentos inferiores a 1h até o Centro do Rio.

Usando apenas a rede de ônibus (Figura 5), a maior parte da periferia da Região Metropolitana tem tempo de deslocamento superior a 2h e 30min. Com a rede de alta capacidade (Figura 6), com meios de transporte mais rápidos (por não sofrerem com engarrafamento), o tempo de deslocamento fica

abaixo de 1h e 30min na maior parte da área atendida. Apenas em Magé e Guapimirim, pela precariedade do serviço dos ramais da SuperVia na região (mais lentos nesse trecho), que o tempo supera 2h e 30min. Vale destacar Guaratiba, onde o tempo de deslocamento, mesmo com BRT, é superior a 2h.

É interessante notar o efeito da possibilidade de utilizar qualquer meio de transporte disponível, comparando a Figura 4 com a Figura 5, que reduz o tempo de deslocamento, comparado com uso apenas de ônibus.

O método possui algumas limitações, apresentando inconsistências, quando a rede analisada é pequena. Rodando apenas para a rede de alta capacidade (Figura 6), subestimou o tempo de viagem, em alguns locais (como na Ilha do Governador), quando comparado à mesma análise com toda a rede (incluindo os ônibus). Além disso, superestimou a abrangência da rede, mesmo impondo o limite de 800m das estações e pontos de embarque, por isso, parte de Niterói, por exemplo, apresentou tempo de viagem abaixo dos 30min, mesmo distante da estação das Barcas. Essas inconsistências não foram aparentes com a rede mais densa (Figuras 4 e 5).

A população que pode ser atendida pela rede de alta capacidade, usando o *People Near Transit*, é de 3,8 milhões (Figura 7). Enquanto a população que pode ser atendida pelos ônibus é de 6,8 milhões (Figura 8). Já a rede integrada, pode atender 7,4 milhões de pessoas. Ou seja, além de melhorar o tempo de deslocamento, usar toda a rede disponível, de forma integrada, aumenta o número de pessoas que podem ser atendidas pelo transporte coletivo, dentro dos parâmetros adotados: distância de até 400m para pontos de ônibus e de até 800m para pontos de embarque na rede de alta capacidade.

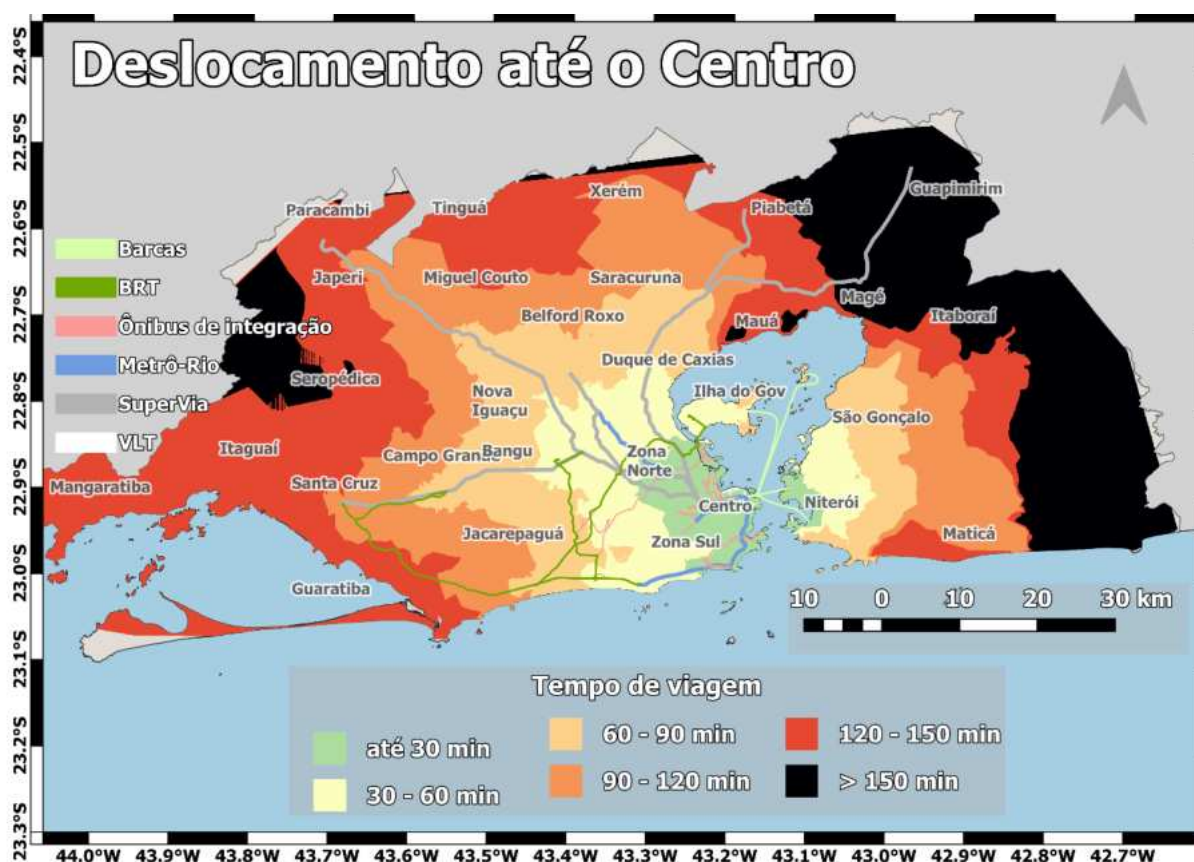


FIGURA 4 - Tempo de deslocamento até o Centro do Rio. Elaboração própria.

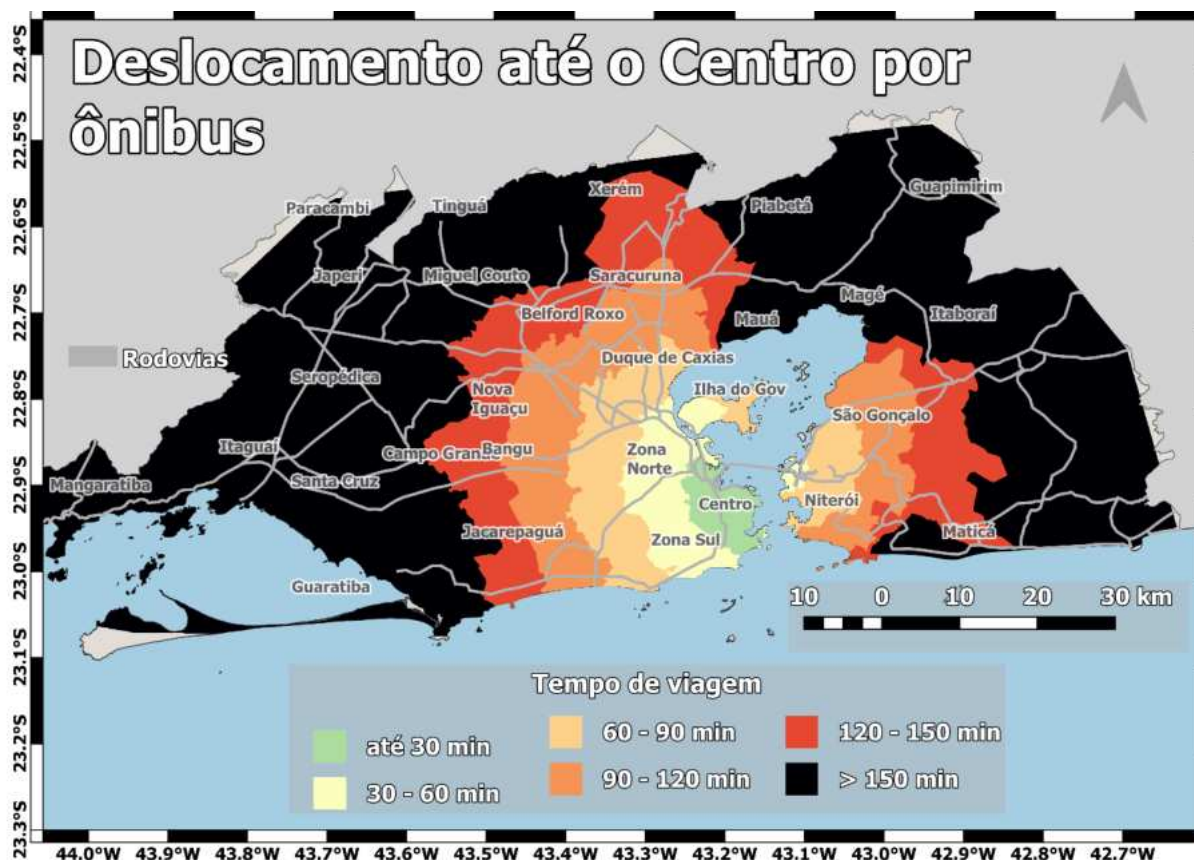


FIGURA 5 - Tempo de deslocamento até o centro apenas por ônibus. Elaboração própria.



FIGURA 6 - Deslocamento até o centro apenas na rede de alta capacidade. Elaboração própria.



FIGURA 7 - Área atendida pela rede de alta capacidade. Elaboração própria.



FIGURA 8 - Área atendida pelos ônibus. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Este trabalho, desenvolvido no âmbito da disciplina de graduação *Laboratório de Geoprocessamento*, não considerou os meios de transporte complementares, que podem abastecer a rede de transportes coletivos principal da RMRJ. A rede considerada impõe tempo elevado de deslocamento até o Centro, para a maior parte da periferia da metrópole. O meio mais barato para a população, o ônibus, pode demorar muito, o que deveria tornar este meio de transporte proibitivo para ir ao Centro do Rio. A rede de alta capacidade, com tempos de deslocamento menores, é limitada e não atende nem um terço da população. Poder dispor de integração entre os sistemas de ônibus e meios de alta capacidade melhora significativamente o tempo de viagem, diminuindo pela metade em alguns casos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIJKSTRA, E.W. A note on two problems in connexion with graphs. *In*: APT, K.R.; HOARE, T. **Edsger Wybe Dijkstra: His Life, Work, and Legacy**. ACM Books, 2022. p. 287-290.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo 2010**.
<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censodemografico/demografico-2010/inicial>
- ITDP (Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento); WRI Brasil. **PNT (People Near Transit) de São Paulo**. 2016. <https://mobilize.org.br/>
- MARUJO, L.G. *et al.* Um método para avaliação do desempenho do serviço de ônibus baseado em dados de GPS. *In*: XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - XXIX ANPET, 2015, Ouro Preto, MG. **Anais...**, XXIX ANPET, 2015.
- MEHLHORN, K.; SANDERS, P.; SANDERS, P. Shortest Paths. *In*: MEHLHORN, K.; SANDERS, P. (org.). **Algorithms and data structures: The basic toolbox**. Berlin: Springer, 2008. p. 191-215.
- RIO DE JANEIRO. Instituto Pereira Passos. **DATA.RIO**. Estabelecimentos, Massa Salarial e Vínculos na Cidade do Rio de Janeiro. Relação Anual de Informações Sociais, RAIS, 2018.
<https://www.data.rio/datasets/PCRJ::estabelecimentos-massa-salarial-e-v%C3%ADnculos-na-cidade-do-rio-de-janeiro-rais-rela%C3%A7%C3%A3o-anual-de-informa%C3%A7%C3%B5es-sociais/about?layer=0>
- RIO DE JANEIRO. Instituto Pereira Passos. **DATA.RIO**. Informações sobre a cidade. Rio de Janeiro: IPP, 2022.
<https://www.data.rio/>.
- SCHLOSSBERG., M.; BROWN, N. Comparing Transit-Oriented Development Sites by Walkability Indicators. **Journal of the Transportation Research Board**, n. 1887, p. 32-34, 2004.
https://www.researchgate.net/publication/239438817_Comparing_Transit-Oriented_Development_Sites_by_Walkability_Indicators
- SETRANS (Secretaria de Estado de Transportes). **Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - PDTU**: Relatórios 4 e 7. Rio de Janeiro: SETRANS, 2015.
https://www.central.rj.gov.br/pdtu_2015.
- TSAI, V.J.D. Delaunay triangulations in TIN creation: an overview and a linear-time algorithm. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 7, n. 6, p. 501-524, 1993.

CAPÍTULO 67

“TINHA UMA ÁRVORE NO MEIO DO CAMINHO”: UMA ANÁLISE ESPACIAL DO VERDE URBANO VIÁRIO NA RA MÉIER

Amanda Lago de Souza Lugon¹
Mayara do Nascimento Ramos¹
Guilherme Fenelon de Sena Machado¹
Rita Maria Cupertino Bastos¹
Patricia Luana Costa Araújo¹
Felipe Gonçalves Amaral¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. amanda.lagolugon@gmail.com; mayara.igeo@gmail.com; guilhermefenelondesenamachado@gmail.com; ritamcuper@gmail.com; patricialcaraujo@gmail.com; felipeamaral@igeo.ufrj.br; carlamad@gmail.com.

RESUMO

A importância do verde intraurbano tem sido retomada em diversos artigos, que apontam como a vegetação nas cidades proporciona múltiplos benefícios aos cidadãos, desde vantagens climáticas, ecológicas, estéticas, sociais, até mesmo, psicológicas. Entre as várias formas de manifestação do verde urbano, a presença do mesmo nas calçadas, se destaca pelo seu acesso público e de fácil implementação. No entanto, a expansão urbana e a falta de manejo adequado, frequentemente, transformam a arborização viária, de solução a problema. Em vista disso, este trabalho busca mapear e analisar a distribuição do verde nas calçadas da Região Administrativa do Méier (RA) do município do Rio de Janeiro por meio de sistema de informação geográfica (SIG), para entender sua distribuição espacial e os elementos que favorecem sua presença, com o objetivo de apoiar futuros projetos de planejamento urbano ambiental.

Palavras-chave: verde intra-urbano; arborização viária; geoprocessamento; planejamento urbano-ambiental.

ABSTRACT

The importance of intra-urban greenery has been taken up in various articles, which point out how vegetation in cities provides multiple benefits to citizens, ranging from climatic, ecological, aesthetic, social and even psychological advantages. Among the various forms of urban greenery, the presence of sidewalks stands out for its public access and easy implementation. However, urban sprawl and a lack of proper management often turn street tree planting from a solution into a problem. In view of this, this work aims to map and analyze the distribution of greenery on the sidewalks of the Méier Administrative Region (AR) using GIS, in order to understand its spatial distribution and the elements that favor its presence, with the aim of supporting future environmental urban planning projects.

Keywords: intra-urban greenery; road tree planting; geoprocessing; urban-environmental planning.

INTRODUÇÃO

O conceito de verde intra-urbano abrange a união de dois elementos estruturais, que compõem as cidades: os sistemas de espaços abertos, caracterizados por espaços livres com predominância de vegetação, e a arborização urbana, representada pelas estruturas arbóreas presentes na cidade (Amaral *et al.*, 2022). Atualmente, muitos autores estão reafirmando a importância do verde intraurbano, reconhecendo o papel significativo que o mesmo tem nas cidades, uma vez que desempenham diferentes funções: atuam como áreas de lazer para a população, servindo como local de encontro para atividades comunitárias, desempenhando uma função estética, ao garantir uma aparência mais agradável à cidade; funcionam como áreas educativas, pois são espaços que

fomentam a consciência ambiental; e, principalmente, são espaços que servem como indicadores da qualidade ambiental da cidade, sendo o verde, um grande elemento para solucionar os problemas de microclimas e da poluição do ar (Londe; Mendes, 2014).

A arborização intra-urbana se manifesta nas diferentes morfologias, que compõem o espaço, seja nas praças, nos pequenos conjuntos em áreas privadas, nas instituições públicas, nas áreas militares e outras. Contudo, sua presença destaca-se principalmente nas calçadas, o qual, nesta pesquisa, entende-se como verde viário. Segundo estudo feito por Milano (1988) *apud* Lima (1993), o verde viário é o que mais contribui para a quantidade total de verdes, quando comparada às praças, uma vez que apresenta maior potencial de implementação e se adequa melhor ao espaço, principalmente, nas cidades densamente ocupadas,

No entanto, mesmo com as condições favoráveis para a sua implementação e os benefícios que oferecem, o verde urbano nas vias públicas é o mais afetado. Com a expansão urbana, ocorre a duplicação de avenidas, a instalação de postes e a criação de redes de fiação aérea, e a ausência de planejamento e manejo adequados, faz com que esses elementos sejam vistos como um problema no espaço urbano, ao invés de soluções para o bem-estar na cidade (Lima, 1993).

Na Cidade do Rio de Janeiro, os verdes nas calçadas apresentam-se como foco de gestão da Prefeitura Municipal. Contudo, a mesma não possui um mapeamento do verde intraurbano de toda cidade, dispondo apenas de um inventário vetorial das árvores, nas Gerências Sul e Grande Tijuca. Ter esses dados da quantidade de verde e distribuição dos mesmos nas calçadas é um requisito muito importante para planejar este tipo de vegetação, uma vez que, analisando sua distribuição, podem ser adotadas medidas, de forma direcionada a manutenção e até, a ausência da mesma.

A partir disso, reconhecendo a importância destes dados para o planejamento urbano-ambiental, esse trabalho tem como objetivo produzir uma análise da distribuição dos verdes nas calçadas dos bairros da Região Administrativa do Méier (RA Méier), representada na Fig. 1. A escolha dessa área de estudo considera a sua diversidade de bairros, além de estar inserida na Área de Planejamento 3 (AP3), segunda área de planejamento com menor índice de arborização (Ruffato-Ferreira, 2016).

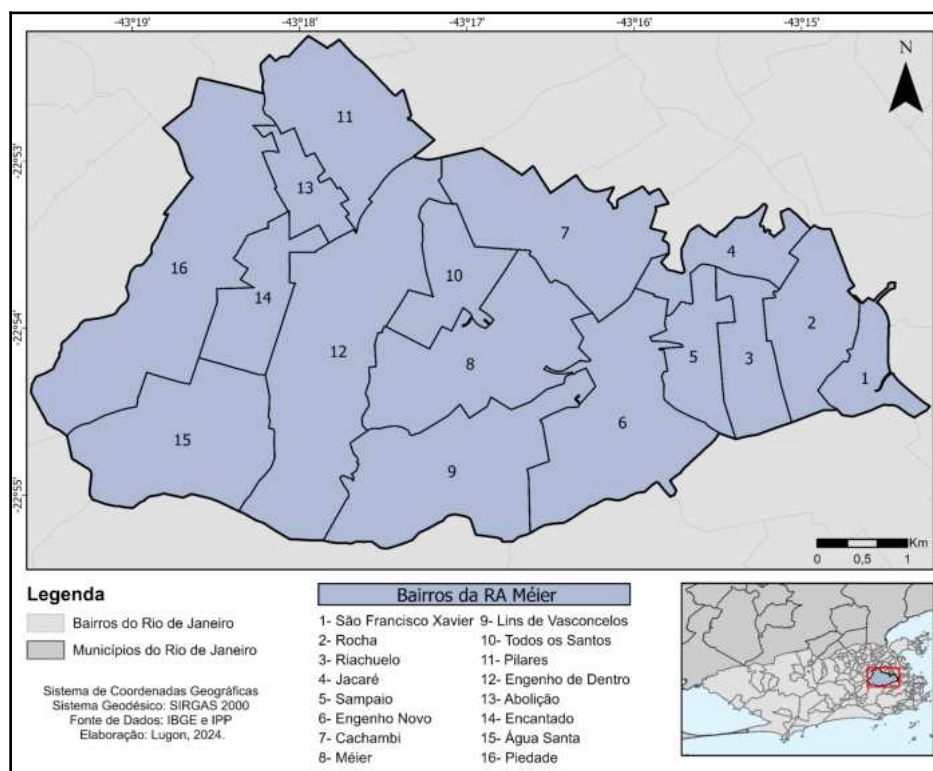


FIGURA 1 - Mapa de Localização da Região Administrativa do Méier. Elaboração própria.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho, foi adquirido um mapeamento de áreas verdes intra-urbanas da RA Méier, juntamente com arquivos *shapefiles* dos bairros, das ruas, das quadras, dos lotes e do uso do solo do município do Rio. O mapa de áreas verdes foi produzido por Ramos *et al.* (2023), a partir de um ortofotomosaico de 2019, com resolução de 15 cm/pixel. Os arquivos *shapefiles* foram disponibilizados pelo Instituto Municipal Pereira Passos (IPP), via plataforma DATA.RIO, no qual, foram selecionadas as versões mais recentes de cada conjunto de dados. É relevante mencionar que não há um arquivo específico para as calçadas da cidade. Nesse sentido, para este trabalho, considerou-se a possibilidade de adquirir os dados de quadra e lote, para que, no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS Pro 3.2, pudesse realizar o recorte entre as feições de quadra e lote, gerando assim, um arquivo de calçada.

Após aquisição dos dados, foi criado um projeto no SIG ArcGIS Pro 3.2. A primeira etapa, visando a produção do mapa, consistiu em recortar os arquivos *shapefile* do município para o limite da área de estudo (RA Méier). Em seguida, procedeu-se à criação do dado de calçada, utilizando o método de corte entre as feições de quadra e lote, conforme mencionado anteriormente. No entanto, esse processo exigiu ajustes, pois, ao cortar o *shapefile* de quadras pelo de lotes, surgiram “calçadas” em áreas não urbanizadas. Para solucionar esse problema, foi removido do dado de quadras as áreas não urbanizadas, previamente identificadas como tal no *shapefile* de uso do solo. Após essa etapa de correção, foi possível gerar um dado de calçada mais preciso.

Após a geração do dado de calçada, o mapeamento das áreas verdes intra-urbanas foi sobreposto a ele. A fim de identificar exclusivamente as áreas verdes localizadas nas calçadas, realizou-se uma seleção por localização, utilizando como critério a relação de centróide. Dessa forma, apenas os polígonos de áreas verdes, cujos centróides estavam contidos nos polígonos de calçada, foram selecionados. Esse critério foi adotado, devido à limitação da perspectiva fornecida pela ortofoto usada no mapeamento, pois, a partir de uma visão aérea, observa-se somente a copa das árvores, o que torna impreciso afirmar se o verde está localizado na calçada, ou dentro de outra morfologia. Após a seleção, as áreas verdes foram exportadas, gerando assim, os dados de áreas verdes nas calçadas.

Com o objetivo de confirmar a precisão do mapeamento das áreas verdes nas calçadas da Região Administrativa (RA), foram realizados dois trabalhos de campo. Dada a impossibilidade de verificar todas as áreas verdes mapeadas, optou-se por verificar algumas delas, a fim de validar sua representação no mapa. Para isso, utilizando o SIG ArcGIS Pro 3.2, foi criado um *buffer* de 5 metros, a partir do *shapefile* das ruas da RA. Em seguida, foram gerados, dentro desse *buffer*, alguns pontos aleatórios. A escolha da distância de 5 metros foi feita, com base na premissa de que essa seria uma distância adequada para determinar, durante o trabalho de campo, se as áreas verdes estavam localizadas dentro de lotes ou nas calçadas. Dos pontos gerados pela ferramenta, 86 foram verificados em campo, e foram coletados, adicionalmente, 44 pontos, utilizando um GNSS de navegação Garmin, em árvores localizadas em calçada.

Após a validação dos dados, foi elaborado um mapa de Kernel, com raio de 5 metros, para facilitar a visualização e a análise da distribuição das áreas verdes nas calçadas. Essa escolha mostrou-se essencial, devido ao tamanho reduzido e à baixa visibilidade dos polígonos das áreas verdes.

RESULTADOS

A partir das etapas metodológicas mencionadas, obteve-se, como resultado, o mapa de densidade das áreas verdes nas calçadas da RA Méier (Figura 2). Com base nesse mapa, realizou-se uma análise da distribuição da vegetação nas calçadas, tanto na RA como nos bairros que a compõem.

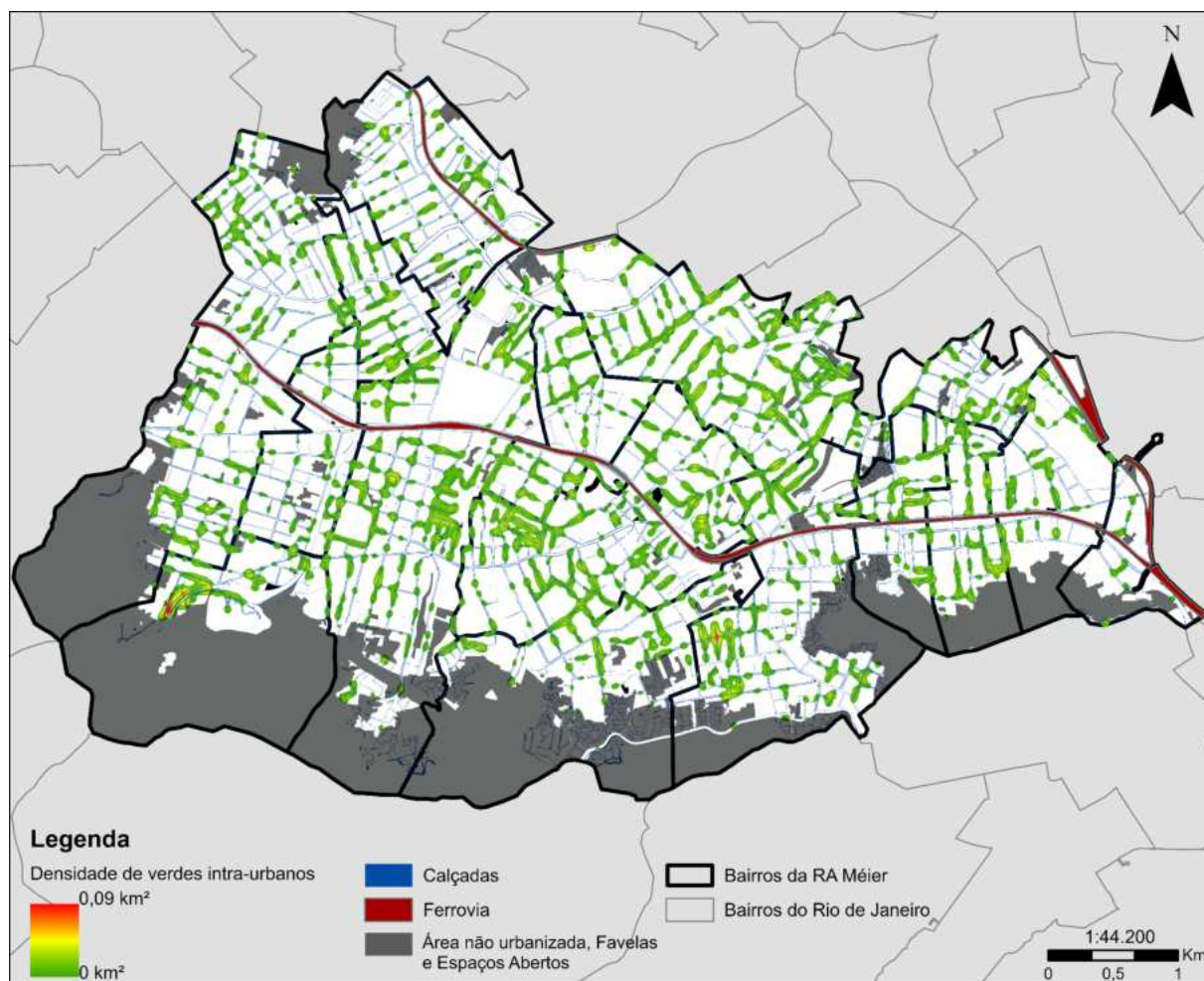


FIGURA 2 - Análise de Kernel: Áreas Verdes nas calçadas da RA Méier. Elaboração própria.

Analisando a distribuição da vegetação nas calçadas, a partir de um mapa de densidade, temos a possibilidade de entender a dispersão e a concentração da arborização na área de estudo. Através do mapa (Figura 2), é dada ênfase a dois aspectos: a *clusterização*, que indica uma aproximação das feições arbóreas, num raio de 5m; e o aspecto do *adensamento*, que indica uma concentração da arborização, que é representada pela mudança de cor do mapa de densidade. O primeiro aspecto, relacionado aos *clusters*, fica evidente na RA, pois ela apresenta uma vegetação dispersa na maior parte de suas calçadas. Nota-se isso, principalmente, nos bairros localizados no centro-norte e sul da área de estudo. O segundo aspecto, acerca da concentração da arborização, também é notado no mapa, e percebe-se que a RA conta com uma baixa densidade de cobertura arbórea. Esta afirmação é comprovada, quando se observa que há apenas dois pontos de densidade máxima no mapa. Um deles está localizado nas calçadas, que se encontram na rua Caiapó, no bairro do Engenho Novo, que tem, em seu cruzamento com a Rua Verna Magalhães, a maior cobertura arbórea da RA inteira (Figuras 3, A1, A2 e A3). É importante comentar que o segundo ponto de densidade, localizado no bairro de Água Santa, na verdade, é uma limitação metodológica (Figuras 3, B1, B2 e B3). Trata-se da entrada da via expressa Linha Amarela, que, apesar de ter a presença de lotes ao redor, sua área não é uma calçada, já que não é utilizada como passagem.

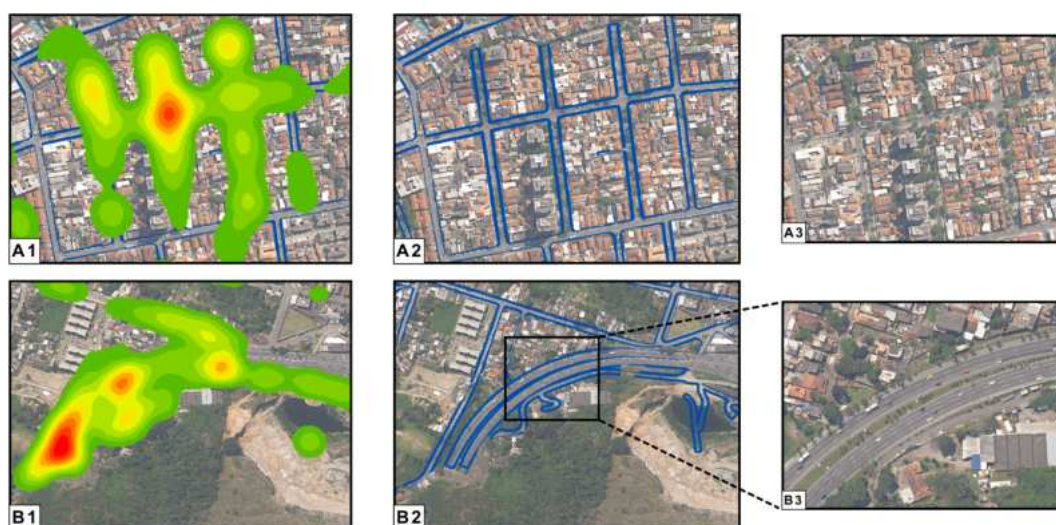


FIGURA 3 - Pontos de densidade apresentados na Análise do Kernel. Imagens A1, A2 e A3 representam a Rua Caiapó. Imagens B1, B2 e B3 representam a limitação metodológica do método. Elaboração própria.

A partir do mapa, também pode-se observar a escassez de vegetação nas calçadas ao longo da linha férrea, assim como, em avenidas importantes, como na Av. Dom Hélder Câmara, na Av. Marechal Rondon e na Av. 24 de Maio; e também, em ruas extensas, como na Rua Goiás, na Rua Clarimundo de Melo, na Rua da Abolição, entre outras. Tal situação foi exemplificada na Figura 4.

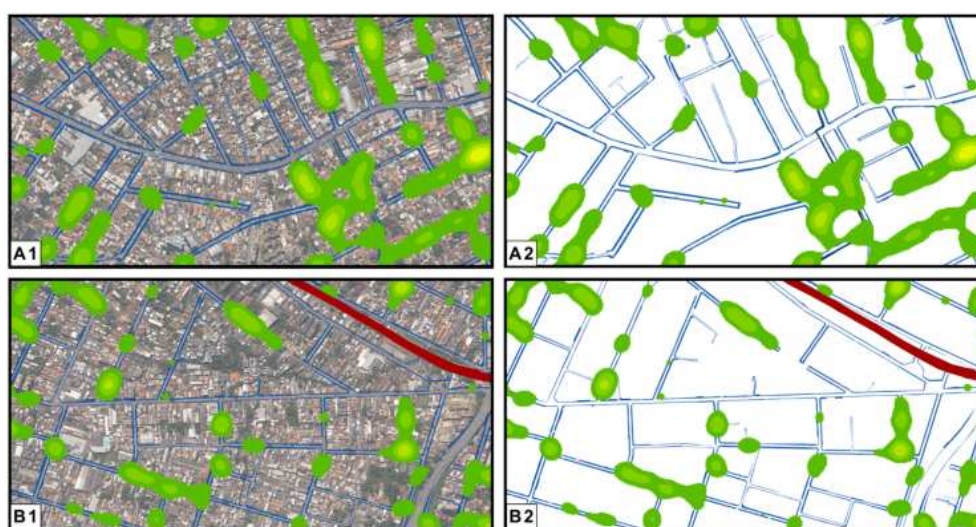


FIGURA 4 - Exemplo da ausência de verde nas calçadas que permeiam avenidas e ruas extensas. Nas imagens A1 e A2, sendo representando a falta de vegetação em parte da Avenida Dom Hélder Câmara. Nas imagens B1 e B2, sendo representado a falta de vegetação em parte da Rua Clarimundo de Melo. Elaboração própria.

Ademais, também se destaca a falta de vegetação nas calçadas de grandes lotes, como é o caso do Estádio do Engenhão, no bairro do Engenho de Dentro, e do conjunto de prédios militares e da Escola Municipal Marechal Carlos Machado Bitencourt, no bairro do Rocha, por exemplo (Figura 5). Em relação à vegetação nas calçadas dos bairros, pode-se identificar a presença de três padrões de distribuição: tipo 1, caracterizado por apresentar a maior parte das calçadas do bairro arborizadas, com vegetação suficientemente próxima, tendo conectividade. Embora algumas calçadas apresentem baixa ou nenhuma vegetação, esse déficit não influencia em relação ao todo. Padrão de distribuição visto nos bairros da Abolição, Cachambi, Jacaré, Méier, Riachuelo e Todos os Santos. Na Figura 6, este tipo de padrão foi exemplificado pela imagem 1, que apresenta o bairro do Cachambi.

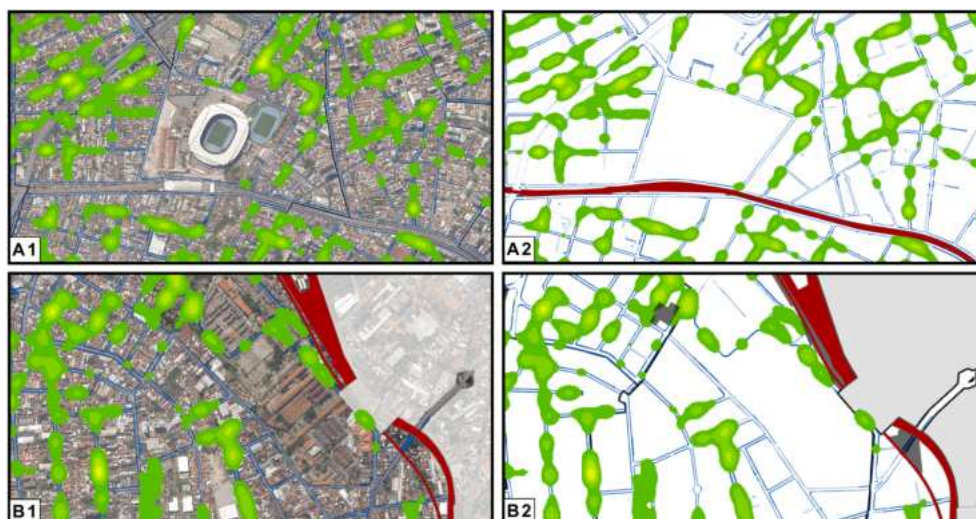


FIGURA 5 - Exemplos da ausência de verde nas calçadas que permeiam grandes lotes. Nas imagens A1 e A2, sendo representadas calçadas no entorno do Estádio do Engenhão. Nas imagens B1 e B2, sendo representado as calçadas que permeiam lote composto por diferentes prédios militares e uma escola municipal no bairro do Rocha. Elaboração própria.

Já o tipo 2, é definido pela presença de pequenas concentrações de vegetação, representadas por pontos de densidade, nas calçadas do bairro. A vegetação não é contínua e, em relação à área total do bairro, algumas calçadas possuem vegetação isolada, enquanto outras não têm vegetação alguma, gerando espaços vazios. Esse padrão de distribuição é notado nos bairros do Encantado, Pilares, Rocha e São Francisco Xavier. A título de exemplo, consta na Figura 6, imagem 2, uma representação do bairro do Encantado.

No tipo 3, a vegetação nas calçadas do bairro está distribuída de maneira diversificada, com algumas áreas semelhantes ao tipo 1, onde o verde está suficientemente próximo, e outras, semelhantes ao tipo 2, com pequenos pontos de densidade isolados. Esse padrão pode ser observado nos bairros de Água Santa, Engenho de Dentro, Engenho Novo, Lins de Vasconcelos e Sampaio. Tal padrão foi representado na imagem 3, da Figura 6, pelo bairro do Engenho de Dentro.



FIGURA 6 - Exemplos dos 3 tipos de padrão de distribuição analisados. O número das imagens corresponde respectivamente aos tipos de distribuição que elas apresentam.

Além da análise visual, também foi realizado um levantamento da tipologia de vegetação. A vegetação arbórea abrange 20,348 hectares, o que equivale a 203.489 metros quadrados, representando 84% da vegetação total nas calçadas da RA. Enquanto os verdes classificados como gramíneas e arbustos, somados, correspondem a 3,865 hectares, ou 38.659 metros quadrados, representando 16% do total.

Acerca da validação do mapeamento, foram verificados 86 dos pontos aleatórios. Desses pontos, 66 deles foram identificados em calçada. Contudo, no mapeamento produzido, apenas 40 foram qualificados dessa forma. Os outros 26 pontos, foram mapeados de maneira errônea, como verde, em área em lote.

Além dos pontos aleatórios, durante o campo, foram coletados 44 pontos em árvores, que estavam localizadas em calçada. Desses 44, 27 foram mapeados de forma correta, e 17, erroneamente; 15 deles, como residencial, e 2 não foram qualificados no mapa de áreas verdes de Ramos. Desse total, foram coletados 110 pontos em calçada. Desses, 67 pontos foram mapeados de forma certa no mapeamento e 43, foram mapeados errado. Como conclusão, do total de pontos vistos em calçada em campo, 61% foram mapeados de forma certa, tendo 39% de erro.

Analisando os erros, pode-se observar que foram gerados, devido a uma limitação do método, pois, caso o indivíduo arbóreo tenha uma copa grande, a partir de uma imagem com a vista de topo, é impreciso dizer se ele está plantado na calçada ou dentro do lote. Tal limitação foi exemplificada na Figura 7.



FIGURA 7 - Imagens que demonstram a limitação metodológica do método. Na imagem A, a árvore foi mapeada como calçada, e em campo verificou-se que estava localizada dentro de um lote. Na imagem B, a árvore foi mapeada como calçada, e em campo comprovou-se correto o mapeamento. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a vegetação presente nas calçadas da RA Méier está espalhada pela área de seus respectivos bairros, mas apresenta um baixo nível de densidade da cobertura arbórea. Também notou-se, de forma evidente, a falta de vegetação nas avenidas e ruas extensas, que cobrem a RA, e como os grandes lotes têm calçadas menos arborizadas. Acerca do padrão de distribuição, pode-se perceber que a maioria dos bairros estão categorizados como tipo 2 e 3, ou seja, dos 16 bairros, 11 apresentam, em suas áreas, calçadas arborizadas, com vegetação próxima umas às outras. O verde presente nas calçadas da RA é 84% arbóreo, enquanto os arbustos e gramíneas, representam apenas 16% do verde. Acerca do método, o mapeamento acertou 62%, tendo 38% de erro, gerado pela metodologia. Reconhecendo que o erro foi gerado por conta de uma limitação do sensoriamento remoto e tal mapeamento é um trabalho original, pode-se concluir que ele obteve resultados favoráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F.G.; ARAÚJO, P.L.C.; BASTOS, R.M.C.; CRUZ, L.M.; CRUZ, C.B.M. O Verde Intraurbano da Área de Planejamento 3 Carioca: Mapeamento e Padrões Espaciais com Apoio das Geotecnologias. In: ROCHA DE SOUZA, E.M.F. da (org.). **Geoinformação e Análise Espacial: Métodos Aplicados a Áreas Antropizadas**. Rio de Janeiro: Appris, 2022. p. 229-253.
- LIMA, A.M.L.P. Piracicaba/SP: **Análise da Arborização Viária na Área Central e em Seu Entorno**. 1993. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.
- LONDE, P.R.; MENDES, P.C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, [S.l.], v. 10, n. 18, p. 264–272, 2014.
- RUFFATO-FERREIRA, V. **Uma nova variável no planejamento para o desenvolvimento urbano sustentável: áreas verdes em quintais no subúrbio da Cidade do Rio de Janeiro**. 2016. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- RAMOS, M.N.; MACHADO, G.F.S.; OLIVEIRA, B.A.G.; LUGON, A.L.S.; BASTOS, R.M.C.; AMARAL, F.G. ARAÚJO, P.L.C.; CRUZ, C.B.M. Modelagem de áreas de cobertura vegetal intraurbanas: uma proposta metodológica com base em multisensores. ANAIS DO XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos...**, São José dos Campos, INPE, 2023.

CAPÍTULO 68

USO DE SIG NA CARACTERIZAÇÃO DE COMPARTIMENTOS MORFOLÓGICOS DA BACIA DO CANAL DAS PEDRINHAS, MACAÉ - RJ

Clara Araujo Farag¹
Felipe Pacheco Silva¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. clarafarag39@gmail.com; felipe.pacheco@ufrj.br.

RESUMO

A região da bacia hidrográfica do Canal das Pedrinhas está localizada na porção inferior da bacia hidrográfica do rio Macaé, no Norte Fluminense. Essa área é influenciada por fatores ambientais e históricos, específicos da região, apresentando um relevo predominantemente mamelonar e planícies fluviais. As planícies fluviais sofreram significativas alterações em seu curso, devido a obras de retificação. A paisagem, enquanto um sistema integrado, é o resultado das interações entre os diferentes fatores ambientais, físicos e socioeconômicos que a compõem. Este estudo teve como objetivo classificar o relevo dentro da área delimitada pela bacia hidrográfica do Canal das Pedrinhas. Utilizando dados cartográficos e integração de informações, foi realizado o mapeamento morfológico da região, com o auxílio de um sistema de informação geográfica (SIG). Ademais, as expedições de campo possibilitaram a validação da morfologia *in loco*. Foram identificados sete compartimentos morfológicos distintos: planície fluvial, planície aluvial, colinas, morrotes, morros com vertentes suavizadas, morros e serras baixas. Estes compartimentos evidenciam a diversidade de formas de relevo e processos geomorfológicos presentes na Bacia Hidrográfica do Canal das Pedrinhas, que se soma a distintos usos e ocupações do solo.

Palavras-chave: padrões de relevo; bacia hidrográfica; compartimentos morfológicos; paisagem.

ABSTRACT

The region of the Canal das Pedrinhas hydrographic basin is located within the lower portion of the Macaé River basin, in the North of Rio de Janeiro. This area is influenced by the environmental and historical factors that characterize the region, where the relief is composed of hills with different slope and altitude values, isolated mountain escarpments and fluvial plains predominate. The landscape as an integrated space is where the interrelationships established between the different environmental, physical and socioeconomic aspects take place. The presented study aimed to classify the relief inserted in the spatial area of the Pedrinhas canal hydrographic basin. From the cartographic base and the integration of the data, it was possible to carry out the morphological mapping of the study area, with the use of the Geographic Information System (GIS). In addition, the field expeditions allowed a more in-depth analysis of the morphology in the region studied. Seven distinct morphological compartments were identified: fluvial plain, alluvial plain, hills with different slope and altitude values, hills with smoothed slopes and low mountain ranges. These compartments show the remarkable diversity of landforms and geomorphological processes present in the Pedrinhas Canal watershed.

Keywords: relief patterns; watershed; morphological compartments; landscape.

INTRODUÇÃO

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, que representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica (Christofolletti, 1980). Venturi (2004 *apud* Guerra; Marçal, 2006) destaca que os estudos geomorfológicos podem promover a compreensão total do funcionamento da paisagem, ao incorporar outros componentes da natureza, estabelecendo relações entre o relevo e os demais componentes físico-ambientais.

O entendimento dos compartimentos morfológicos é fundamental para a compreensão de atributos significativos do ambiente, consolidando informações sobre suas propriedades, capacidades e restrições. A classificação do relevo, proposta por Ross (1992), representa um marco na cartografia geomorfológica, sintetizando os progressos alcançados no contexto do projeto RADAMBRASIL. Esta proposta, conforme delineada por Ross (1992), engloba seis níveis taxonômicos, sendo o terceiro nível, referente às Unidades Morfológicas, Padrões de Formas Semelhantes ou Tipos de Relevo, que, devido às suas características genéticas, texturais e altimétricas, manifestam-se de maneira análoga, quanto às configurações toponímicas, vertentes e declives predominantes (Silva *et al.*, 2015).

O mapa morfológico é um instrumento para a compreensão do relevo, a partir de sua classificação em tipos semelhantes, é possível reconhecer as morfologias presentes na paisagem. Desta forma, no presente estudo, foi realizado o mapeamento morfológico da Bacia Hidrográfica do Canal da Pedrinhas, a fim de reconhecer os padrões de relevo presentes nessa área de estudo. Este, é um afluente direto do rio Macaé, situado no baixo curso da bacia principal. Sua nascente está na Serra do Segredo e percorre cerca de 11 km, até desembocar no rio Macaé. Por estar inserido no contexto do município de Macaé e do Norte Fluminense, esteve historicamente suscetível as ocupações urbanas e transformações territoriais, como as retificações dos rios, realizadas pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), durante as décadas de 1960 a 1980 (Marçal; Luz, 2003).

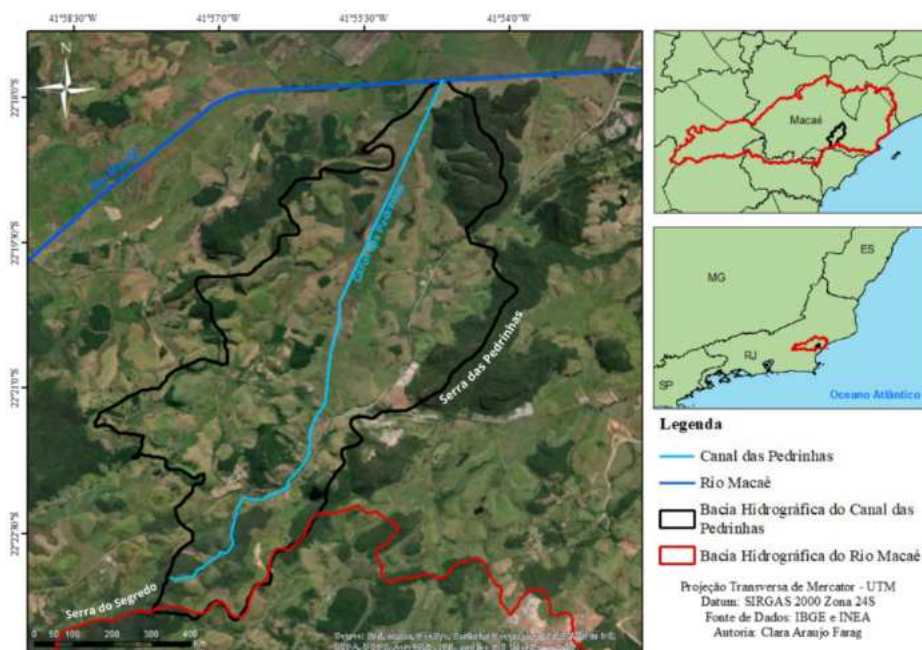


FIGURA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Canal das Pedrinhas. Elaboração própria.

METODOLOGIA

A metodologia empregada neste estudo envolveu etapas de gabinete e campo, visando determinar os padrões de relevo, presentes na área de estudo. Os dados foram construídos utilizando o SIG ArcGIS Desktop 10.5.1 (ESRI, 2016), na maioria das operações de análise e correlações. Foram utilizados os seguintes materiais para compor a base cartográfica: o Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus DEM, com resolução espacial de 30 metros, obtido do *website Open Topography*, da European Space Agency (ESA, 2021), além das bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como a BC25_RJ (IBGE, 2018) na escala 1:25.000, BHB250 (IBGE, 2021) e BC250 (IBGE, 2021) na escala 1:250.000, para obtenção de dados de hidrografia e limites municipais e estaduais. Também foram utilizados dados provenientes do *Web Map Service* (WMS) do Exército Brasileiro (BDEx). Todos os dados foram projetados no Sistema de Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) Zona 24S, com Datum SIRGAS2000.

A construção do mapeamento morfológico foi realizada a partir da integração entre o mapa de gradiente topográfico e a amplitude altimétrica. A partir da integração destes dados, foi possível separar compartimentos morfológicos, com base na proposta metodológica de Ross (1992), com ênfase nos *padrões de formas semelhantes* (terceiro táxon).

Sendo assim, o mapa de gradiente topográfico foi elaborado a partir do MDE utilizando a ferramenta 'Slope' no ArcGIS 10.5.1 (ESRI, 2016). Os gradientes foram classificados de 0 a 5%, 5 a 15% e maior que 15% e serviram como base para a compartimentação morfológica da bacia. A amplitude altimétrica, a qual representa a profundidade de dissecação do terreno, consiste na diferença entre os topos e os fundos de vale, a partir dos valores de altitude, e foram interpretadas, sobretudo, pelos intervalos de 0 a 100 metros, de 100 a 300 metros e maior que 300 metros. A Tabela 1 apresenta as classes de amplitude e gradiente, utilizadas para o reconhecimento dos compartimentos morfológicos:

TABELA 1 - Critérios para classificação do relevo.

Compartimentos morfológicos	Amplitude (m)	Gradiente Topográfico (%)
Planície Fluvial	-	< 5
Planície Aluvial	-	< 5
Colinas	< 100	5 – 15
Morrotes	< 100	>15
Morros com Vertentes Suavizadas	100 - 300	5 – 15
Morros	100 - 300	>15
Serras Baixas	>300	>15

Fonte: Adaptado de Ross (1992).

Para o mapeamento da variação altimétrica das formas de relevo presentes na região de estudo, foram empregadas as cartas topográficas, disponibilizadas pelo IBGE. Após a identificação dos pontos culminantes, procedeu-se à análise do leito fluvial mais próximo, onde se realizou a mensuração da amplitude altimétrica, a partir desses pontos de referência. Posteriormente, a etapa de reconhecimento em campo permitiu a validação e a identificação dos padrões morfológicos, resultando no mapeamento da morfologia como produto.

RESULTADOS

O mapa de declividade (Figura 2) permitiu reconhecer as áreas com distintas configurações topográficas e foi essencial para o reconhecimento dos compartimentos morfológicos. Dessa forma, foram identificados e delimitados sete compartimentos morfológicos na área de estudo (Figura 3), os quais abrangem dois compartimentos de caráter agradacional: planície fluvial (Apfl) e planície aluvial (Apal); quatro compartimentos denudacionais: colinas (Dc), morrotes (Dmr), morros com vertentes suavizadas (Dms), morros (Dm); e um compartimento caracterizado por dissecação estrutural: as serras baixas (Dee).

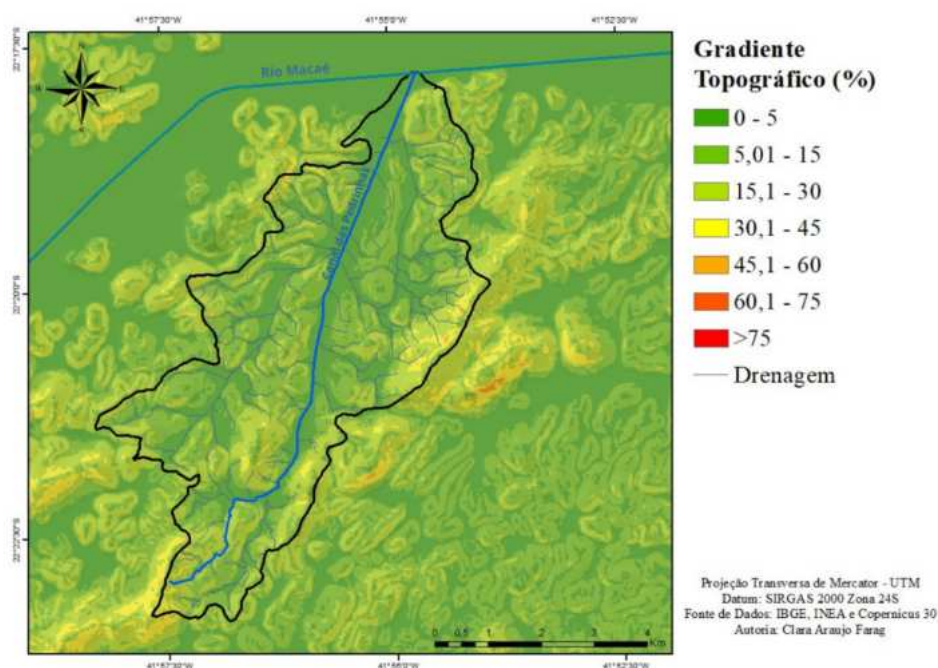


FIGURA 2 - Gradiente Topográfico da bacia. Elaboração própria.

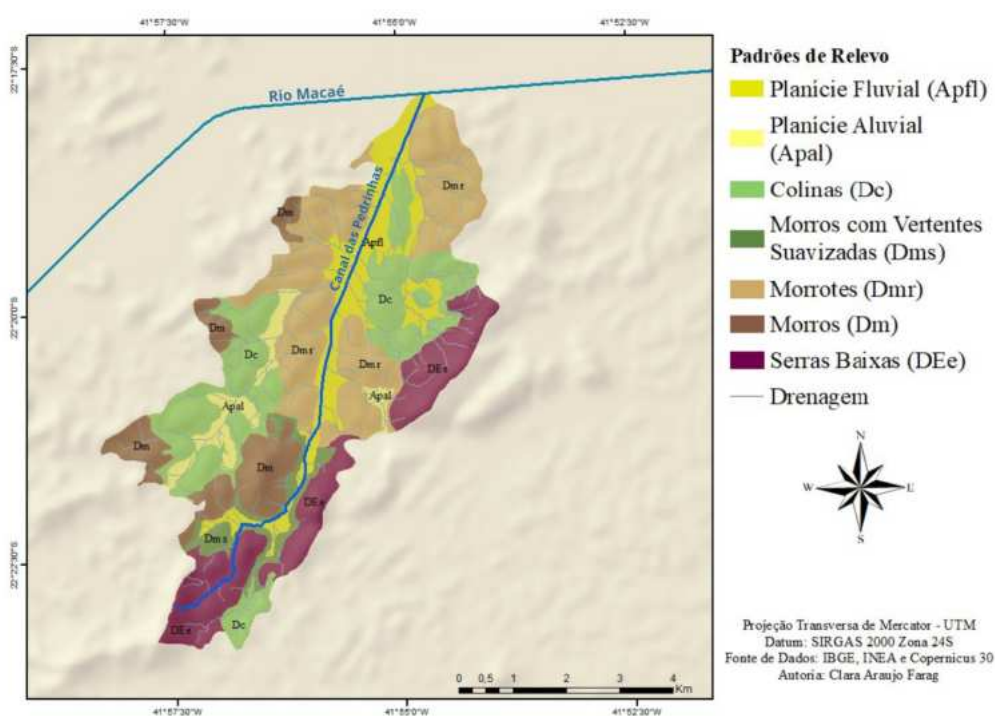


FIGURA 3 - Padrões de Relevo da bacia. Elaboração própria.

Em termos gerais, a Bacia Hidrográfica do Canal das Pedrinhas é caracterizada pela presença de dois alinhamentos serranos isolados e escarpados, os quais estão circundados por um domínio mamelonar, correspondente à superfície de aplainamento do litoral norte fluminense. Estes alinhamentos compreendem as serras do Segredo, cuja altitude atinge aproximadamente 400 metros, localizada na nascente do canal das Pedrinhas; e a serra das Pedrinhas, com altitude em torno de 420 metros, parcialmente inserida na referida bacia. Estas serras se apresentam localmente desfeitas,

assumindo a forma de morfologias mamelonares, tais como morros convexos e morrotes. Na região correspondente ao baixo curso do rio Macaé, onde está situada a Bacia Hidrográfica do Canal das Pedrinhas, encontra-se a planície fluvial do rio Macaé, composta pelos fundos de vale dos rios Macaé e São Pedro, preenchidos por sedimentos fluviais e flúvio-lagunares. Estes fundos de vale são delimitados por colinas baixas, correspondentes à superfície de aplainamento do litoral leste fluminense (CPRM, 2017). A Tabela 2 apresenta uma síntese dos principais compartimentos da bacia hidrográfica, apresentando a distribuição dos diferentes compartimentos morfológicos, em uma área total de 32,80 km². A área de estudo é composta, de forma predominante, por morrotes, colinas e serras baixas, que juntos, ocupam mais de 67% da área total. Esses elementos topográficos circundam as planícies fluviais e aluviais do canal das Pedrinhas.

TABELA 2 - Área por compartimento morfológico.

Compartimentos morfológicos	Área (km ²)	Área (%)
Planície Fluvial	4,74	14,44
Planície Aluvial	1,27	3,87
Colinas	7,56	23,05
Morrotes	8,97	27,35
Morros com Vertentes Suavizadas	1,30	3,97
Morros	3,50	10,67
Serras Baixas	5,46	16,65
Total:	32,80	100

Elaboração própria.

A bacia apresenta um padrão de drenagem dendrítico, com o canal das Pedrinhas, como o curso d'água principal. A Fig. 4 mostra os compartimentos morfológicos, reconhecidos durante a atividade de campo.

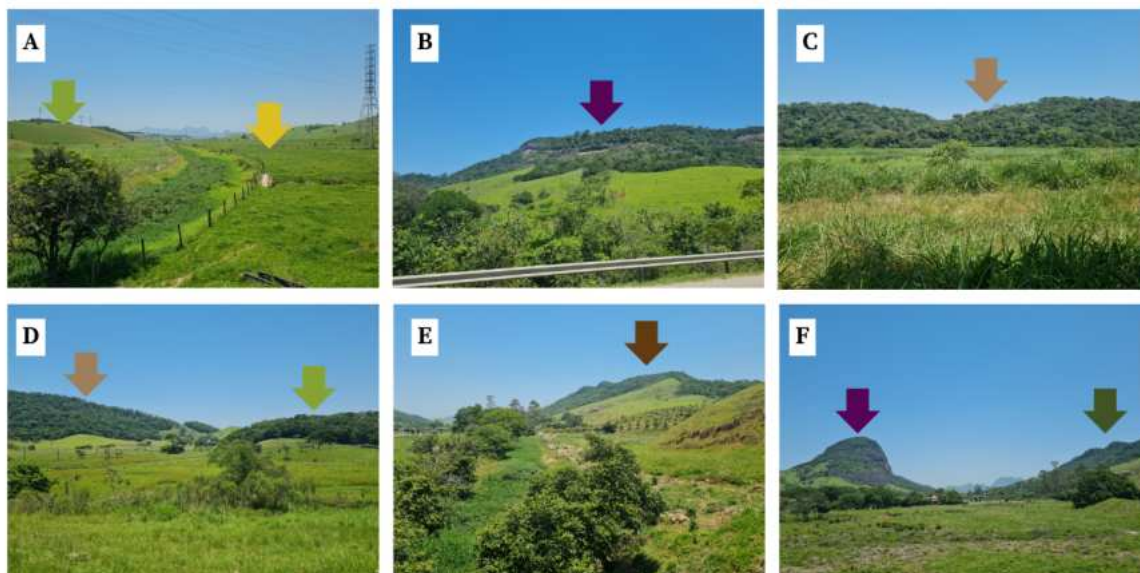


FIGURA 4 - Padrões de relevo na bacia hidrográfica do canal das Pedrinhas. A) Planície fluvial, em seu médio curso, indicada pela seta amarela; relevo de colinas à esquerda indicado pela seta verde; B) Relevo de serras baixas, conhecida localmente como Serra do Segredo, na porção do médio curso, conforme indicado pela seta; C) Relevo de morrotes localizado no baixo curso da bacia próximo ao exutório, indicado na seta marrom; D) À direita, relevo colinoso indicado na seta verde, à esquerda relevo de morrotes circundando a planície fluvial, em seu trecho no médio curso do canal; E) Relevo de morros indicado na seta marrom, enquanto a seta amarela destaca o canal das Pedrinhas e sua planície fluvial; F) À direita, relevo de morros com vertentes suavizadas, conforme indicado pela seta verde, à esquerda, indicado pela seta roxa, temos os fragmento rochoso conhecido como Pedra da Santa, mapeados no contexto das serras baixas. Elaboração própria.

De acordo com Marçal e Luz (2003), o relevo de colinas é caracterizado por apresentar pouca dissecação, vertentes convexo-côncavas e topos arredondados e alongados, com deposição de colúvios e alúvios, frequentemente, subordinados a morrotes e morros baixos, e com amplitudes topográficas, geralmente inferiores a 100 metros, acompanhadas de gradientes suaves. Os morrotes, semelhantes às colinas, possuem uma declividade mais acentuada. Já os morros, com topos arredondados e formas côncavas, apresentam amplitudes topográficas entre 100 e 300 metros, distinguindo-se dos morros com vertentes suavizadas, pela inclinação mais pronunciada.

No trecho correspondente ao alto curso da bacia, os relevos predominantes são das serras baixas, destacando-se a Serra do Segredo, onde se localiza a nascente do curso d'água principal da bacia, e das colinas. No médio curso, observa-se maior diversidade de compartimentos morfológicos, com predominância de relevos colinosos e de morrotes. Nessa região, encontra-se parcialmente o segundo fragmento serrano isolado, conhecido como Serra das Pedrinhas.

Por fim, o trecho do baixo curso apresenta predominantemente relevo colinoso e de morrotes, circundando a planície fluvial. A planície fluvial estende-se pela área da bacia, desde o alto curso até o exutório, enquanto as planícies aluviais foram identificadas, principalmente, na porção correspondente ao médio curso.

A diversidade de compartimentos morfológicos na área de estudo, localizada em região rural do município de Macaé, influencia diretamente a dinâmica de uso e ocupação do solo. A ausência de construções e edificações significativas indica um ambiente predominantemente rural, com atividades agropecuárias, como principal uso do solo. As planícies e colinas, caracterizadas por menor altitude e declividade, são utilizadas principalmente para agricultura, com destaque para o cultivo de culturas de ciclo curto como cana-de-açúcar e coco. Essas áreas apresentam maior desmatamento em comparação com outros compartimentos. Por outro lado, os compartimentos de maior altitude e declividade, como as serras baixas, morros e morrotes, abrigam fragmentos remanescentes de vegetação de Mata Atlântica, evidenciando a influência da topografia na conservação da cobertura vegetal. A análise dos compartimentos morfológicos e seus respectivos usos do solo demonstra a relação entre a configuração da paisagem e as atividades antrópicas, com áreas de menor altitude e declividade sendo mais suscetíveis à exploração agropecuária, enquanto as áreas de maior altitude e declividade tendem a apresentar maior conservação de remanescentes florestais.

CONCLUSÕES

A Bacia Hidrográfica do Canal das Pedrinhas se destaca pela diversidade de padrões morfológicos, abrangendo variações, desde planícies até fragmentos serranos isolados. A classificação do relevo em distintos padrões morfológicos contribui para compreensão dos processos geomorfológicos, presentes nesta bacia, assim como no contexto mais amplo do baixo curso da bacia do rio Macaé. Tal classificação possibilita uma análise mais aprofundada dos diferentes tipos de relevo que compõem essa paisagem, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento sobre sua dinâmica ambiental.

O mapa morfológico, produto desta pesquisa, ao integrar informações provenientes de análises em gabinete e expedições de campo, proporciona um importante instrumento de representação da morfologia da área de estudo, em uma escala semidetalhada (1:50.000). Dessa forma, contribuiu-se significativamente para o avanço do conhecimento sobre a paisagem e os processos que a moldam no contexto da área de estudo.

Por fim, destaca-se que os modelos digitais de elevação (MDE) desempenharam um papel crucial no mapeamento morfológico realizado neste estudo. Esses modelos auxiliaram na obtenção do gradiente topográfico e classes altimétricas, permitindo uma análise precisa das variações altimétricas e das características morfológicas da Bacia Hidrográfica do Canal das Pedrinhas. Ao utilizar os MDEs, foi possível gerar informações morfométricas valiosas para delimitar os diferentes compartimentos com maior precisão, contribuindo significativamente para uma compreensão mais abrangente dos compartimentos morfológicos, que marcam a paisagem da bacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Carta geomorfológica**: município de Macaé, RJ. Rio de Janeiro: CPRM, 2017. Escala 1:80.000.
- ESA (European Space Agency); SINERGISE. **Copernicus Global Digital Elevation Model**. Distributed by OpenTopography. 2021. <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>
- ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.5.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.
- GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2006.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p.
- MARÇAL, M. dos S.; LUZ, L.M. Planejamento e gestão da bacia hidrográfica do Rio Macaé – Litoral norte fluminense, com base em estudos integrados de geomorfologia e uso do solo. *In: IX Congresso da associação Brasileira de Estudos Quaternários/ II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas / II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa*, 2003.
- ROSS, J.L.S. O Registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, São Paulo, FFLCH/USP, 1992.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58. 1996.
- SILVA, F.P.; MARTINS, C.A.H.; MARQUES NETO, R.; OLIVEIRA, E.L.N. de; FERNANDES, R. de A. Mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 893-908, 2015.

CAPÍTULO 69

USO DE SIG PARA A CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE DIFICULDADE DE TRILHAS NO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DE NITERÓI (PARNIT)– RJ

Pedro Costa da Silva¹
Vivian Castilho da Costa¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Instituto de Geografia. Grupo de Estudos Ambientais (GEA). R. São Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20550-013.
pcsilva1309@gmail.com; vivianuerj@gmail.com.

RESUMO

Tanto no Brasil como no mundo, há uma grande adesão à visitação em unidades de conservação, onde um dos atrativos mais visitados são as trilhas. Apesar de grande potencial turístico e ambiental de contemplação da paisagem, o caminhar em trilhas exige preparo físico do visitante. Nessa via, este artigo objetiva avaliar o uso de sistema de informação geográfica (SIG) na análise da classificação do grau de dificuldade de trilhas em unidades de conservação. A área protegida escolhida como estudo de caso foi o Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT), que possui 19 trilhas no total. A análise de classificação e compilação dos dados, para a criação do mapa do grau de dificuldade em trilhas resultou na classificação de 2 trilhas muito fáceis, 6 trilhas fáceis, 7 trilhas médias, 3 trilhas difíceis, 1 trilha muito difícil e concluiu-se que a metodologia da classificação do grau de dificuldade de trilhas necessita ainda de maiores ajustes, devido à subjetividade da classificação e à falta de hierarquização dos parâmetros geobiofísicos utilizados.

Palavras-chave: dificuldade; geotecnologias; Niterói; SIG; trilha.

ABSTRACT

Both in Brazil and worldwide, there is great adherence to visiting Protected Areas, where one of the most visited attractions are the trails. Despite the great tourist and environmental potential for landscape contemplation, walking on trails requires physical preparation from visitors. Therefore, this article aims to evaluate the use of Geographic Information System (GIS) in analyzing the classification of trail difficulty in conservation units. The chosen protected area as a case study was the Municipal Natural Park of Niterói (PARNIT), which has a total of 19 trails. The classification analysis and data compilation, for the creation of the trail difficulty map, resulted in the classification of 2 very easy trails, 6 easy trails, 7 moderate trails, 3 difficult trails, 1 very difficult trail, and it was concluded that the methodology for classifying trail difficulty still needs further adjustments due to the subjectivity of the classification and the lack of hierarchization of the geobiophysical parameters used.

Keywords: difficulty; geotechnologies; Niterói; GIS; trail.

INTRODUÇÃO

Segundo Costa e Oliveira (2018), é crescente, tanto no Brasil quanto no mundo, o interesse por visitas em áreas protegidas, tendo como um dos principais atrativos, as trilhas. A utilização de trilhas é dotada de potencial turístico, educacional e de conscientização ambiental, o que torna esta atividade importante. Apesar dessas qualidades, as trilhas exigem certo condicionamento físico de quem a utiliza para práticas como caminhada, *tracking* ou esportes como o montanhismo, ou seja, é necessário ter preparo físico, antes de praticar tais atividades, dependendo dos aspectos ou características da trilha. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo a classificação do grau de dificuldade das trilhas do Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT), utilizando sistema de informação geográfica (SIG).

Silva (2016, p. 180) destaca o estudo para avaliar o grau de dificuldade de trilhas, como algo importante no “processo de planejamento e de gestão de trilhas e do manejo da visitação turística”, trabalhando, em conjunto, a cartografia e o geoprocessamento, como metodologias fundamentais (Costa, 2006).

Andrade (2003) entende que as trilhas sempre tiveram uma função principal: o deslocamento. Porém, é possível apontar uma resignificação das trilhas, ao longo dos anos. De simples meio de deslocamento, as trilhas surgem como novo meio de contato com a natureza. A caminhada incorpora um novo sentido e essa atividade em trilhas vem recebendo, cada vez mais, grande número de adeptos (Andrade, 2003). Dessa forma, as trilhas podem ser entendidas como caminhos de deslocamento, sendo eles, existentes ou construídos; ou um caminho que pode guiar para vários outros atrativos específicos (mirantes, cachoeiras, espaços abertos etc.), que possibilitam educação ambiental ou entretenimento ao caminhante.

As trilhas possuem características e classificações, baseadas na função, forma e grau de dificuldade (Andrade, 2003 *apud* Rocha, 2022). Rocha (2022) especifica que, quanto à função, podem ser classificadas em trilhas de fins administrativos ou de uso público (trilhas de curta distância ou de longa distância). Quanta à forma, pode ser circular, linear, atalho ou em forma de oito. Em relação ao grau de dificuldade, a classificação pode variar segundo critérios do órgão gestor (em caso de UC) ou do autor, entre elas: leve, regular e semi-pesada; e as variáveis que seguem letras ou números (de A a C, ou de 1 a 3). No presente trabalho, para o mapa final de classificação dos níveis de dificuldade em trilhas no Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT), serão adotados os termos: muito fácil, fácil, médio, difícil e muito difícil, como será explicitado no item de metodologia.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DE NITERÓI E SUAS TRILHAS

O PARNIT é uma unidade de conservação (UC) de proteção integral (Niterói, 2021), caracterizada por possuir 897 hectares de fragmento de floresta do bioma Mata Atlântica. O PARNIT, criado pelo Decreto Municipal n. 11.744/2014, cujo limite foi revisado e alterado pela Lei Municipal n. 3.543/2020 (Niterói, 2021), é apresentado na Figura 1. Seus limites abrangem os seguintes bairros do município de Niterói: São Francisco, Charitas, Jurujuba, Maceió, Boa Viagem, Icaraí, Cafubá, Piratininga, Cambinhas, Jardim Imbuí e Cantagalo; sendo dividido em três setores: Guanabara, Montanha da Viração e Costeiro Lagunar.

O PARNIT é conhecido por ter uma rede de trilhas, sendo, no total de 19, tendo suas localizações apresentadas na Figura 2, de acordo com o Guia de Trilhas de Niterói (2020), elaborado pela Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade da Prefeitura Municipal de Niterói.

A área do PARNIT possui características físico-geográficas diversas, sendo a sua maior parte, localizada na unidade geomorfológica dos Maciços da Região dos Lagos (Serras da Tiririca, do Cantagalo e da Viração) e parte do setor lagunar, localizado na Unidade Baixada da Região Oceânica de Niterói. Apresenta padrões de relevo, majoritariamente, de domínio Serrano, onde está presente a trilha, e de forma espalhada nos outros dois setores. Apresenta relevos de colina, planícies lagunares, cristais isolados e serras baixas, rampas de colúvio e de alúvio-colúvio (SGB, 2024), o parque também possui uma composição mineralógica de Gnaisse facoidal, diques de diabásio e pegmatito, presentes principalmente no setor Morro da Viração. No caso do setor lagunar, há presença de uma planície arenosa do período quaternário; já no setor Guanabara, há presença de leucognaisses bióticos (Niterói, 2021).



FIGURA 1 - Mapa de Localização do PARNIT. Elaboração própria (Pedro Costa da Silva, 2023).

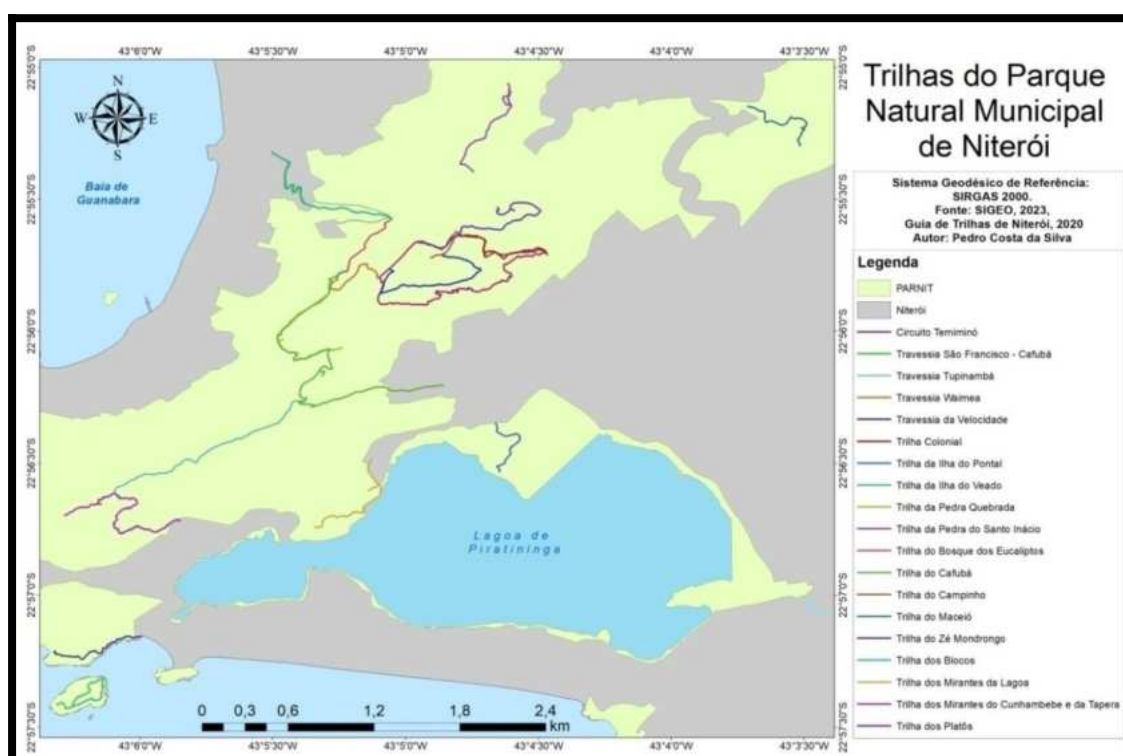


FIGURA 2 - Trilhas do PARNIT. Elaboração própria (Pedro Costa da Silva, 2023).

METODOLOGIA

Para que fosse feita a classificação do grau de dificuldade das trilhas do PARNIT, alguns fatores foram levados em consideração, sendo eles, fatores ligados a características biofísicas (esforço físico, grau de exposição a risco, orientação e insolação) e fatores de manejo (sinalização e conservação da trilha). É importante esclarecer que a classificação de dificuldade da trilha é algo bastante subjetivo, pois varia de indivíduo para indivíduo, dependendo principalmente do condicionamento físico e peso da bagagem (mochila), porém levando em conta fatores externos (Andrade, 2000).

Inicialmente, foram consultados no Guia de trilhas de Niterói (2020), os parâmetros ligados aos fatores biofísicos e de manejo, citados anteriormente, para que fosse feita uma tabulação dos resultados. Em seguida, foi acessado o portal do Sistema de Gestão da Geoinformação de Niterói (SIGEO) para a obtenção da base cartográfica municipal, na escala de 1:10.000, dos arquivos *shapefile* do limite do PARNIT, das trilhas localizadas dentro do parque e dos corpos hídricos (Lagoa de Piratininga e Lago de Itaipu), utilizando o ArcGIS 10.5.1.

Durante o mapeamento, foi utilizada a função *dissolve* no arquivo vetorial das trilhas, preservando somente os seus nomes e a extensão de seus trechos. Em seguida, foram adicionados campos de atributos, por meio da função *Add Field*, dessa maneira, inserindo os seguintes campos na tabela de atributos: esforço físico, grau de exposição a risco, orientação, insolação, sinalização e conservação da trilha.

Os campos de atributo foram preenchidos com as classificações presentes no Guia de Trilhas da Prefeitura de Niterói (2020), que, quanto à sinalização, foi subdividida em: completa, parcial ou inexistente. Quanto à orientação, que avalia o grau de dificuldade do usuário manter-se orientado na trilha, foi subdividida em: fácil, moderado, difícil e muito difícil. Quanto ao grau (nível e frequência) de exposição ao risco: pequeno, moderado, severo e crítico. Quanto à conservação: excelente, boa e ruim. Quanto à insolação: baixa, moderada e alta. E, por último, quanto ao esforço físico: leve, leve superior, moderado e longo curso.

Por fim, para a determinação da dificuldade, as trilhas foram classificadas nos 5 (cinco) níveis a seguir descritos:

- **Muito fácil**, são as trilhas que apresentam todos os 6 itens na classificação máxima de positivo (Completa, fácil, pequeno, excelente, baixa, leve, muito fácil);
- **Fácil**, são as trilhas que apresentam 5 itens positivos e 1 item mediano;
- **Média**, são as trilhas que apresentam 3 ou mais itens medianos, ou apresentam grau de esforço físico como moderado e 2 itens medianos;
- **Difícil**, são as trilhas com 3 itens negativos;
- **Muito difícil**, são as trilhas que não apresentaram nenhum índice positivo ou 4 a 6 itens mais negativos.

RESULTADOS

Mediante o uso da metodologia, o resultado alcançado é apresentado na Figura 3. Foram classificadas como muito fáceis, as trilhas do Platô e do Campinho; como fáceis foram classificadas as trilhas: Colonial, da ilha do Pontal, da Pedra Quebrada, do Bosque dos Eucaliptos, do Cafubá e do Maceió. Como médias foram classificadas as trilhas: da Pedra do Santo Inácio, dos Blocos, dos Mirantes da Lagoa, dos Mirantes do Cunhambebe e da Tapera, a travessia da Velocidade, a travessia Tupinambá e a travessia São Francisco-Cafubá. Como difíceis foram classificadas a trilha da Ilha do Veado, circuito Termiminó e a travessia Waimea. Como muito difícil foi somente classificada uma trilha, a trilha do Zé Modrongo. A apresentação dos resultados da classificação dos itens segundo o Guia de Trilhas de Niterói (2020) e a classificação do grau de dificuldade são apontadas na Figura 4.



FIGURA 3 - Grau de dificuldade das trilhas do PARNIT. Elaboração própria (Pedro C. da Silva, 2023).

Fls	Shape *	Nome	Trechos	Sinaliz	Orientacao	Grau expo	Conserv	Insolacao	Esforco	Dificuldad
0	Polyline ZM	Circuito Temimó		Parcial	Muito Difícil	Moderado	Ruim	Baixa	Moderado	Difícil
1	Polyline ZM	Travessia da Velocidade		Parcial	Moderada	Moderado	Excelente	Baixa	Leve	Média
2	Polyline ZM	Travessia São Francisco - Cafubá		Completa	Fácil	Pequeno	Boa	Baixa	Moderado	Média
3	Polyline ZM	Travessia Tupinambá		Completa	Fácil	Pequeno	Boa	Baixa	Moderado	Média
4	Polyline ZM	Travessia Waimã		Parcial	Fácil	Crítico	Boa	Baixa	Moderado	Difícil
5	Polyline ZM	Trilha Colonial		Parcial	Fácil	Pequeno	Boa	Baixa	Leve	Fácil
6	Polyline ZM	Trilha da Ilha do Pontal		Completa	Fácil	Pequeno	Excelente	Moderada	Leve	Fácil
7	Polyline ZM	Trilha da Ilha do Veado	Trecho Alternativo	Inexistente	Difícil	Moderado	Ruim	Alta	Leve Superior	Difícil
8	Polyline ZM	Trilha da Ilha do Veado	Trecho Principal	Inexistente	Difícil	Moderado	Ruim	Alta	Leve Superior	Difícil
9	Polyline ZM	Trilha da Pedra do Santo Inácio	Trecho Alternativo	Completa	Fácil	Moderado	Excelente	Baixa	Moderado	Média
10	Polyline ZM	Trilha da Pedra do Santo Inácio	Trecho Principal	Completa	Fácil	Moderado	Excelente	Baixa	Moderado	Média
11	Polyline ZM	Trilha da Pedra Quebrada		Completa	Fácil	Pequeno	Boa	Baixa	Leve	Fácil
12	Polyline ZM	Trilha do Bosque dos Eucaliptos		Completa	Fácil	Pequeno	Boa	Baixa	Leve	Fácil
13	Polyline ZM	Trilha do Cafubá		Completa	Fácil	Pequeno	Boa	Baixa	Leve Superior	Fácil
14	Polyline ZM	Trilha do Campinho		Completa	Fácil	Pequeno	Excelente	Baixa	Leve	Muito Fácil
15	Polyline ZM	Trilha do Maceió		Parcial	Fácil	Pequeno	Excelente	Baixa	Leve	Fácil
16	Polyline ZM	Trilha do Zé Mondrongo		Parcial	Difícil	Moderado	Ruim	Alta	Leve Superior	Muito Difícil
17	Polyline ZM	Trilha dos Blocos		Completa	Fácil	Pequeno	Boa	Baixa	Leve Superior	Média
18	Polyline ZM	Trilha dos Mirantes da Lagoa		Parcial	Moderada	Moderado	Ruim	Moderada	Leve Superior	Média
19	Polyline ZM	Trilha dos Mirantes do Cunhambebe e da Tapera		Parcial	Moderada	Moderado	Boa	Baixa	Leve Superior	Média
20	Polyline ZM	Trilha dos Platôs		Completa	Fácil	Pequeno	Excelente	Baixa	Leve	Muito Fácil

FIGURA 4 - Tabulação dos dados e resultados da análise da classificação do grau de dificuldade nas trilhas do PARNIT. Elaboração própria (Pedro C. da Silva, 2023).

DISCUSSÃO

As trilhas do Platô e do Campinho, classificadas como muito fáceis, são as que possuem recomendação para os praticantes de caminhadas em trilhas, pois os parâmetros ou características biofísicas apresentam um adequado manejo, no que se refere à sinalização e a conservação das

trilhas, baixo grau de declividade etc. As 6 (seis) trilhas, classificadas como fáceis, apresentam também itens positivos como sinalização completa ou parcial, orientação fácil e grau de esforço pequeno, porém, com estado de conservação ruim da trilha e por serem trilhas de maior extensão. As 7 (sete) trilhas classificadas como médias apresentam um grau de esforço moderado, que pode não ser recomendado para praticantes iniciantes, além de condições de manejo não estarem adequadas, como o traçado da trilha e a conservação. As 3 (três) trilhas classificadas como difíceis não apresentam sinalização, porém, possuem uma boa conservação e fatores biofísicos que exigem maior esforço dos caminhantes, além de apresentarem uma orientação ruim. Já a trilha do Zé Modrongo, que é a única trilha classificada como muito difícil, apresenta manejo inexistente, além de apresentar os fatores biofísicos, como grau de esforço alto, declividade variada e alta insolação, sendo recomendado propor estratégias para o seu manejo sustentável, a fim de contribuir com a gestão do Parque Natural Municipal de Niterói.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de análise de dificuldade de trilhas se mostrou consistente na classificação do grau de dificuldades de caminhada, pois considerou a correlação entre os fatores de características biofísicas e de manejo das trilhas, principalmente, quando aplicada em UCs. Porém, a análise simples em SIG, demonstrou algumas dificuldades em sua aplicação, já que foi necessário levar em consideração alguns fatores biofísicos, acima de outros, como por exemplo, esforço físico e sinalização, em relação à declividade e insolação, demonstrando o grau de subjetividade da avaliação. Desta forma, será necessário realizar um estudo futuro, em que considere a atribuição de pesos e notas, aos parâmetros utilizados, pelo uso da análise multicritério e álgebra de mapas, em SIG, além de uma avaliação mais detalhada por trabalhos de campo, que considere outros parâmetros biofísicos.

Com relação aos dados, o fato de Niterói apresentar um Geoportal, com bases cartográficas georreferenciadas em arquivos vetoriais, facilitou muito na aquisição de dados necessários à construção do mapa de grau de dificuldade em trilhas. Assim como a disponibilização gratuita do guia de trilhas da Prefeitura Municipal de Niterói tornou-se de suma importância, para a análise final do grau de dificuldade das trilhas do PARNIT.

Como apontado anteriormente, trilhas são atividades importantes, quando se trata de visitação em UCs. O crescimento dessas visitas influencia no aumento do número de seus visitantes. A metodologia proposta para análise de dificuldade de trilhas é uma das muitas tentativas de se chegar ao grau de dificuldade em trilhas, que considere as suas características ambientais (biofísicas), para que os usuários se sintam preparados para utilizá-las confortavelmente, mas também atentos ao seu manejo adequado.

Sob a perspectiva deste trabalho, observa-se a grande importância do uso de geotecnologias e geoprocessamento na análise ambiental e a sua utilização como apoio para os gestores, na tomada de decisão sobre manejos para a melhora da qualidade da visitação e da conservação da bio-geo-diversidade das trilhas como atrativos, aumentando o potencial turístico e a sustentabilidade das UCs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, W.J. Implantação e Manejo de Trilhas. In: MITRAUD, S.W. (org.) **Manual de ecoturismo de base comunitária: ferramentas para um planejamento responsável**. Brasília: WWF, 2023. p. 247-259.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Serviço Geológico do Brasil – CPRM**. <https://www.sgb.gov.br/#>
- COSTA, N.M.C.; OLIVEIRA, F.L. Trilhas: "caminhos" para a geodiversidade e geoconservação. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (org.). **Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação: abordagens geográficas e geológicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. p. 201-227.

- NITERÓI. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Sustentabilidade. **Guia de Trilhas de Niterói**. 1. ed. Niterói: Fundação da Arte de Niterói/Niterói Livros, 2020.
- NITERÓI. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Sustentabilidade. **Parque Natural Municipal de Niterói PARNIT**. <http://meioambiente.niteroi.rj.gov.br/plano-de-manejo-parnit/>
- NITERÓI. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Sustentabilidade. **Plano de Manejo Parque Natural Municipal de Niterói**. Niterói: SMARHS, 2021.
- ROCHA, L.A. **Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Trilhas de Montanha (PAR-TM) para o Desenvolvimento do Turismo Sustentável na Trilha Caminho do Cafundá – Parque Estadual da Pedra Branca (Rio de Janeiro - RJ)**. 2022. 92f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.
- SILVA, G.G.L. da. **Classificação do grau de dificuldade de trilha: uso de geotecnologias na elaboração de um modelo aplicado ao Parque Nacional de Itatiaia, Brasil**. 2016. 210f. Dissertação (Mestrado em Turismo) - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.



EIXO 7

Modelagem, estruturação de dados e desenvolvimento de algoritmos

CAPÍTULO 70

ANÁLISE DE MÉTODOS DE SELEÇÃO DE DADOS ESPECTRAIS VIS-IR PARA MAPEAMENTO DIGITAL DE ÁGUA NOS SOLOS

Priscilla Azevedo dos Santos¹

Igor Leite da Silva²

Helena Saraiva Koenow Pinheiro³

Waldir de Carvalho Júnior⁴

Nilson Rendeiro Pereira⁴

Silvio Barge Bhering⁴

Bruno Araújo Furtado de Mendonça⁵

Márcio Rocha Francelino⁶

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Petrologia e Geotectônica. Pós-Graduação em Modelagem e Evolução Geológica (PPGMEG). Rodovia BR-465. km 7. Seropédica. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. priscilla.agricart@hotmail.com.
2. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Matemática. Pós-graduação em Especialização em Estatística Aplicada (PPGEAp). Rodovia BR-465. km 7. Seropédica. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. igorleite-ils@hotmail.com.
3. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Agronomia. Departamento de Solos. Rodovia BR-465. km 07. Seropédica. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. koenow@ufrj.br.
4. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 22460-000. waldir.carvalho@embrapa.br; nilson.pereira@embrapa.br; silvio.bhering@embrapa.br.
5. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Floresta. Departamento de Silvicultura. Rodovia BR-465. km 7. Seropédica. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 23897-000. brunoafmendonca@gmail.com.
6. Universidade Federal de Viçosa - UFV. Departamento de Solos. Av. Peter H Rolfs, s/n. Campus Universitário. Viçosa. MG. Brasil. CEP: 36570-000. marcio.francelino@gmail.com.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar diferentes métodos estatísticos para a seleção de índices e bandas espectrais do Visível ao Infravermelho (VIS-IR), relacionados à vegetação, solo e geologia que possam auxiliar na etapa pré-modelagem (classificação supervisionada) da condutividade hidráulica saturada (Ksat) e no apoio ao mapeamento digital de recursos hídricos nos horizontes superficiais dos solos da bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, Rio de Janeiro. Para obtenção dos índices, foram usadas imagens de nove bandas espectrais (VIS-IR) da missão Sentinel 2A, processadas em ambiente RStudio, usando o pacote sen2R. Os dados de Ksat foram mensurados *in situ* no levantamento hidropedológico, realizado na área de estudo. Os métodos aplicados basearam-se nas análises de autocorrelação, multicolinearidade, análise de componentes principais (ACP) e eliminação de características recursivas (*Recursive Feature Elimination* - RFE), implementados por rotina construída em ambiente RStudio. Os resultados obtidos apontaram singularidades distintas na escolha dos dados espectrais, por cada método usado, variando o grau de importância na seleção e contribuição de cada um, na relação com a Ksat. Os índices *Clay Minerals* (CM) e *Non-Linear Index* (NLI) apresentaram maior relevância para a investigação da Ksat.

Palavras-chave: hidropedologia; análise multivariada; métodos estatísticos; mapeamento digital de solos; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze four different statistical methods for the selection of spectral indices and bands from the Visible to Infrared (VIS-IR) related to vegetation, soil, and geology that can assist in the pre-modeling stage (supervised classification) of saturated hydraulic conductivity (Ksat) and support the digital mapping of water resources in the surface horizons of the soils of the Guapi-Macacu river basin, Rio de Janeiro. To obtain the indices, images of nine spectral bands (VIS-IR) from the Sentinel 2A mission were used, processed in RStudio using the sen2R package. The Ksat data were measured in situ during the hydrogeological survey conducted in the study area. The methods applied were based on autocorrelation, multicollinearity, principal component analysis (PCA), and Recursive Feature Elimination (RFE), implemented by routine built in RStudio environment. The results obtained showed distinct singularities in the choice of spectral data by each method used, varying the degree of importance and contribution of each one relationally with the Ksat. The Clay minerals (CM) and Non-Linear Index (NLI) indices were more relevant for Ksat's investigation.

Keywords: hydrogeology; multivariate analysis; statistical methods; digital soil mapping; remote sensing.

INTRODUÇÃO

A seleção e classificação de atributos topográficos, essenciais para o mapeamento digital dos solos, são amplamente abordadas na literatura, baseando-se na análise geomorfométrica de covariáveis oriundas do Modelo Digital de Elevação (MDE), a fim de representar a relação solo-paisagem, em uma dada área de estudo (Böhner, 2016; McKenzie, 1993; Oliveira, 2017; Santos, 2019; Wilson, 2000). Ademais, o avanço do sensoriamento remoto tem impulsionado o uso de índices espectrais, em técnicas de modelagem espacial preditiva, como o aprendizado de máquinas, para quantificar variáveis de interesse em estudos de solos (Chagas, 2006; Pinheiro, 2012; Cunha, 2013; Zhang, 2017). Entretanto, a influência individual de índices espectrais na modelagem de atributos físico-hídricos do solo permanece pouco explorada, sendo mais comumente verificados em estudos voltados ao mapeamento de atributos físico-químicos do solo, regionalização climática e diferenciação de espécies florestais, usando índices espectrais (Carvalho Júnior, 2011; Pinheiro, 2019; Rajah, 2019).

Desafios, como a dificuldade em mensurar variáveis físico-hídricas em campo, a ausência de dados dessas variáveis, em levantamento técnicos tradicionais, além das restrições impostas naturalmente pela região de estudo (como a inviabilidade de acesso a regiões com grandes desníveis nas encostas e áreas com mata densa), limitam o mapeamento dessas propriedades e a condução de pesquisas nesse sentido (Oliveira, 2017; Ottoni, 2005). Nesse contexto, o uso de técnicas de imageamento por satélite, para obter a resposta espectral dos alvos de interesse, emerge como uma ferramenta promissora para analisar variáveis ambientais de difícil quantificação, como a infiltração de água nos solos (vib) e a condutividade hidráulica saturada (Ksat), possibilitando adquirir novas informações que permitam o mapeamento e modelagem destas variáveis espacialmente.

Inspirado nesse cenário, o presente estudo tem por objetivo analisar diferentes métodos estatísticos, baseados em análise de mineração de dados, análise multivariada e classificação supervisionada, para a seleção de índices e bandas espectrais relacionados à vegetação, solo e geologia, que possam auxiliar na classificação do conteúdo de água, infiltrado nas camadas superficiais dos solos e no mapeamento digital de recursos hídricos, nos solos da bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu (RJ).

METODOLOGIA

A área de estudo é composta pela Região Hidrográfica da Bacia do Rio Guapimirim-Macacu, da qual, faz parte do domínio da Região Hidrográfica Baía de Guanabara (RH V), localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro (Figura 1). Integrando os limites político-administrativos de Itaboraí, Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, a bacia possui dimensões de área de captação e perímetro de 1.250,78 km² e 199,2 km. O relevo caracteriza-se por elevação, que varia de 0 a 2.254 m. O clima predominante é tropical chuvoso e a paisagem é predominantemente do bioma Mata Atlântica.

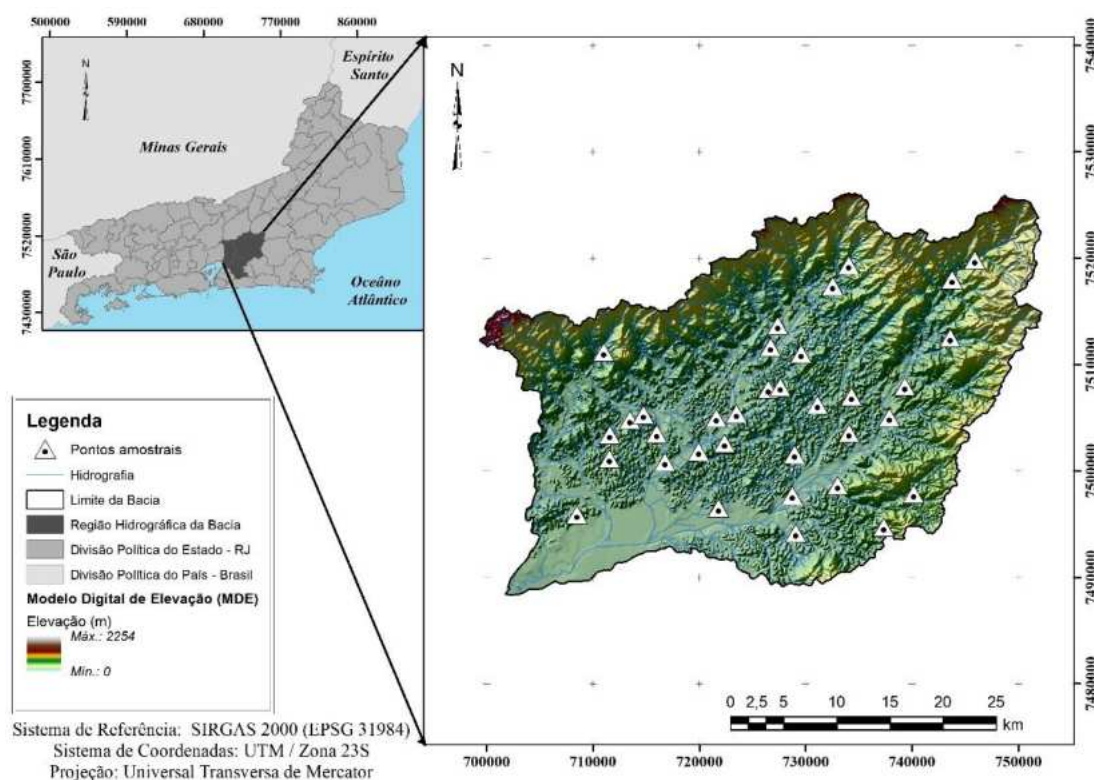


FIGURA 1 - Mapa de localização da área de estudo. Elaboração própria.

Os dados de velocidade de infiltração básica dos solos (vib) foram coletados *in situ* na área da bacia hidrográfica, utilizando o Permeâmetro de Guelph, modelo 2800K1, da empresa Soil Moisture. Este método de medição foi elaborado por Reynolds e Elrick (1985) e é projetado para calcular a vib, permitindo a estimativa da condutividade hidráulica saturada (Ksat), por meio das fórmulas que empregam parâmetros conhecidos e estimados em laboratório. Os valores de vib foram convertidos em Ksat, utilizando uma planilha padrão, que considera os parâmetros do equipamento. No total, foram obtidos 34 dados de Ksat na área de estudo, conforme ilustrado na Figura 1.

Além disso, imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2 também foram empregadas. Estas imagens foram selecionadas do repositório *Copernicus Sentinel Hub*, com base na proximidade das datas de coleta dos dados hidropedológicos, garantindo a relevância temporal para as análises. O tratamento das imagens envolveu a conversão das informações de radiância para reflectância de superfície e a harmonização das resoluções espaciais das bandas do sensor, de 10 para 20 metros. Este ajuste de resolução é essencial para a realização de cálculos de índices, por meio da álgebra de bandas. As bandas espectrais analisadas incluíram o intervalo entre as bandas B2 a B8A, além das bandas B11 e B12 do satélite Sentinel-2A.

A partir das imagens das bandas espectrais citadas, foram derivados 13 índices ou razões espectrais: *Clay Minerals Ratio* – CM (DRURY, 1987), *Enhanced Vegetation Index* – EVI (Huete *et al.*, 2002; Hunt *et al.*, 2011), *Ferrous Minerals Ratio* – FM (Drury, 1987; Segal (1982), *Ferruginous Regolith Ratio* - FR (Drury, 1987; Segal (1982), *Grain Size Index* – GSI (Pereira *et al.*, 2005; Xiao *et al.*, 2006), *Iron Oxide Ratio* - IO (Drury, 1987; Segal, 1982), *Normalized Difference Red-Edge Index* – NDRE (Cleavers *et al.*, 2012; Fernandez-Manso *et al.*, 2016), *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI (Rouse *et al.*, 1973), *Normalized Difference Water Index* – NDWI (Gitelson *et al.*, 2001; Hunt *et al.*, 2011), *Non-Linear Index* -NLI (Goel *et al.*, 1994), *Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI (Huete, 1988), *Transformed Difference Vegetation Index* – TDVI (Bannari *et al.*, 2002) e *Visible Atmospherically Resistant Index* – VARI (Brenner *et al.*, 2015).

Para a seleção dos índices e bandas, métodos estatísticos baseados em análises de autocorrelação, multicolinearidade (*variance inflation factor* - *vif*), análise de componentes principais (ACP) e eliminação de características recursivas (*Recursive Feature Elimination*, RFE) foram implementados. A metodologia adotada abordou as seguintes etapas: (a) aquisição dos dados de velocidade de infiltração básica (vib), em campo, e imagens Sentinel-2, em repositório online; (b) transformação dos dados de vib para Ksat, além do processamento das imagens Sentinel-2; (c) obtenção dos índices espectrais, por meio de álgebra de bandas, em ambiente RStudio; (d) Implementação e análise dos métodos propostos (autocorrelação, multicolinearidade, ACP e RFE); e (e) obtenção dos índices e bandas espectrais, separados por cada método.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos métodos aplicados, diferentes respostas foram observadas para a seleção de variáveis espectrais, as quais mantêm uma relação significativa (95%), direta ou inversa, com a variável Ksat. Na análise pelo método de autocorrelação (*cor*), foram escolhidas 13 variáveis espectrais: B2, B3, B4, B12, CM, EVI, FM, NDRE, NDVI, NDWI, NLI, SAVI e TDVI. A correlação (*R*), obtida através da matriz de correlação de Pearson, alcançou, no geral, um valor acima de 0,6, indicando correlação de moderada a forte (Inman et al., 1994) entre as variáveis e a Ksat, retornando 60% de explicação para esta última (Figura 2). O método identificou ainda uma correlação positiva, de moderada a forte, entre Ksat e as bandas B2, B3, B4, B12, além dos índices FM e NDWI (Figura 2). Por outro lado, índices como CM, EVI, NDRE, NDVI, NLI, SAVI e TDVI, apresentaram uma correlação negativa (inversa), de igual intensidade, com Ksat, indicando que o aumento desses índices resulta na diminuição da Ksat (Figura 2). Entretanto, essa análise não inclui critérios importantes, como homocedasticidade e multicolinearidade, que poderiam ser verificados, por meio do teste *vif*, destacando uma possível limitação na avaliação dos resultados para modelos de classificação.

A multicolinearidade pode influenciar negativamente os coeficientes estimados, em uma análise de regressão múltipla, conforme evidenciado por Mansfield *et al.* (1982). Portanto, a função de fatores de inflação de variância (*variance inflation factors*, *vif*) é aplicada no estudo, utilizando todas as variáveis espectrais, como entrada, visando retornar apenas aquelas consideradas explicativas, ou seja, ausentes de multicolinearidade (correlação elevada). Assim, o resultado obtido indicou 5 variáveis explicativas para a análise, os quais foram a banda B7 e os índices CM, FR, IO e NLI. Na análise, foi verificada ainda que a mínima e máxima correlação entre as variáveis ocorre nos pares IO-B7 e FR-CM, respectivamente, com valores de correlação de 0,054 e 0,082. As variáveis selecionadas e seus respectivos valores de *vif* logrados foram: B7 com 2,785, CM com 9,21, FR com 4,88, IO com 3,32 e NLI com 8,59.

Na análise de componentes principais (Figura 3), o método retornou uma explicação acima de 90% para a soma de duas componentes (Figura 3a), podendo o modelo ser explicado, por meio da análise bidimensional das variáveis espectrais selecionadas (Figura 3b).

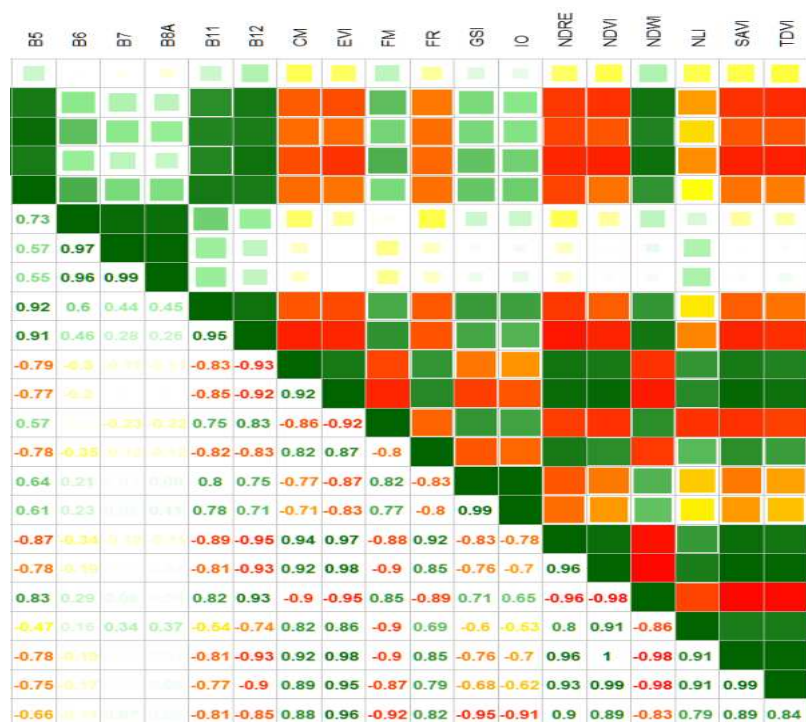


FIGURA 2 - Matriz de correlação de Pearson para as variáveis do estudo. Elaboração própria.

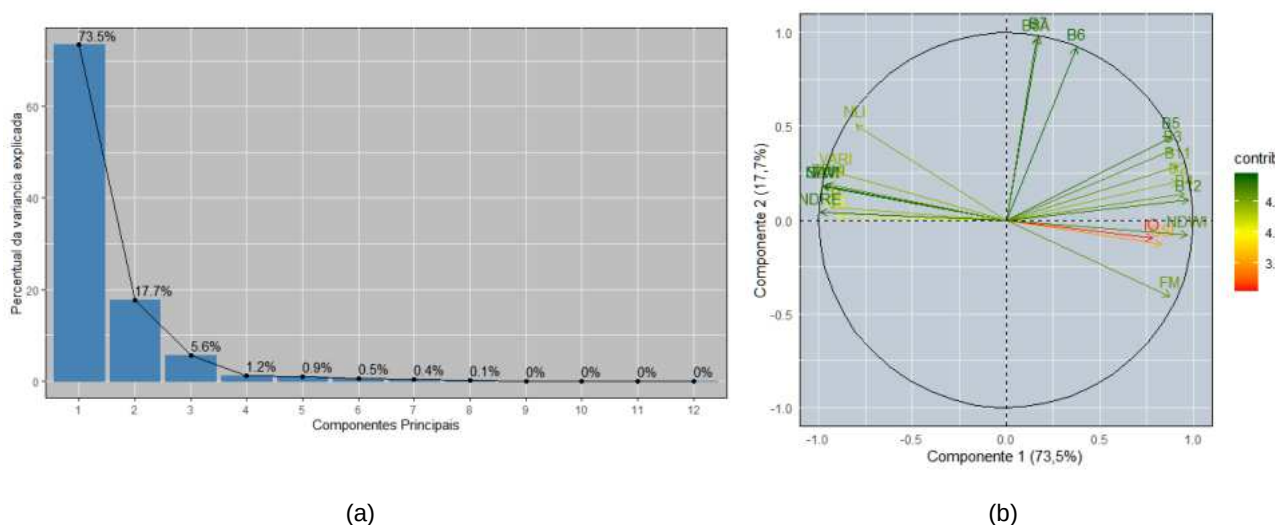


FIGURA 3 - Seleção das variáveis segundo as componentes principais explicativas do modelo ACP, onde: (a) Importância das componentes principais na ACP; (b) Separação das componentes principais na ACP. Elaboração própria.

As variáveis na ACP foram separadas em três grupos distintos, sendo eles: o grupo 1, contendo 10 variáveis (B2, B3, B4, B5, B11, B12, NDWI, IO, GSI e FM); o grupo 2, contendo 3 variáveis (B7, B8A e B6); e o grupo 3, composto por 9 variáveis (VARI, TDVI, CM, NDRE, FR, SAVI, NLI, NDVI e EVI) (Figura 3b). Observando a Figura 3b, os índices IO (em vermelho), GSI (em laranja) e FR (em amarelo), apresentam menor contribuição geral, na explicação da variável Ksat, com valores abaixo de 4,0 ou 40%, frente às demais variáveis analisadas.

A aplicação do método de eliminação de características recursivas (RFE) resultou na seleção de quatro índices importantes (FM, CM, NLI, NDWI), com destaque para CM e NLI, que apresentaram forte contribuição nas análises de autocorrelação e multicolinearidade.

Os autores salientam que as escolhas, realizadas pelos métodos de seleção, devem ser analisadas criteriosamente, considerando o objetivo do estudo, as características da variável principal em análise e o conhecimento do pesquisador sobre a área. Os critérios (variáveis selecionadas) têm um impacto direto na precisão da modelagem, em relação ao comportamento real esperado da variável Ksat na região, considerando ainda as características do solo e da paisagem. Portanto, para trabalhos futuros, recomenda-se a integração de dados espectrais, covariáveis do terreno e atributos do solo, como composição granulométrica e carbono orgânico, para melhorar a explicação e robustez do modelo, em relação à variabilidade pedogenética e às condições ambientais da região, conforme observado em Pinheiro (2012).

Este trabalho contribui significativamente, como uma análise exploratória, para a modelagem da condutividade hidráulica saturada (Ksat) na área de estudo, etapa fundamental do mapeamento digital de atributos hídricos do solo, orientando o uso de critérios de seleção para potencializar a relevância das variáveis, na etapa pré-modelagem; e, por conseguinte, obter modelos preditivos mais eficientes. Recomenda-se, em trabalhos futuros, executar uma classificação, utilizando cada método, e obter os valores de importância das variáveis, comparando os erros e acertos obtidos; e validando os resultados, em campo, com os dados da observável Ksat.

CONCLUSÕES

Os métodos empregados resultaram em diferentes abordagens de seleção, mas todos conduziram a uma redução significativa de dados, de 22 variáveis para uma escala de 4-13 variáveis. Essa redução demonstra a eficácia na diminuição da dimensionalidade dos dados, eliminando redundâncias e produzindo componentes mais esclarecedores para modelos preditivos hidropedológicos.

Os índices CM e NLI emergiram, como os mais relevantes para a classificação da Ksat, desempenhando um papel crucial na etapa de pré-modelagem, e seus resultados são essenciais para o mapeamento digital de recursos hídricos na região estudada, especialmente, nessa etapa.

Recomendações sobre o uso de variáveis geomorfométricas e atributos do solo, aliadas à implementação de um modelo de classificação para comparação dos métodos descritos neste estudo, são apresentadas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (código 001), pelo apoio financeiro. Ao Centro Nacional de Pesquisa em Solos (CNPS), da Embrapa Solos, agradecemos o apoio no levantamento hidropedológico e os conhecimentos compartilhados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANNARI, A.; ASALHI, H.; TEILLET, P. M. Transformed Difference Vegetation Index (TDVI) for Vegetation Cover Mapping. In: **Proceedings of the Geoscience and Remote Sensing Symposium**, IGARSS '02, IEEE International, v. 5, 2002.
- BÖHNER, J.; SELIGE, T. Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation. **Göttinger Geographische Abhandlungen**, [S.l.], v. 15, p. 13-27, 2006.
- BRENNER, V. C.; GUASSELLI, L. A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS–Brasil. **ANAI DO XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR**, João Pessoa, v. 25, 2015.

- CARVALHO JUNIOR, W. de; CHAGAS, C. da S.; FERNANDES FILHO, E. I.; VIEIRA, C. A. O.; SCHAEFER, C. E. G.; BHERING, S. B.; FRANCELINO, M. R. Digital soilscape mapping of tropical hillslope areas by neural networks. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 68, n. 6, 691-696 p., nov.-dec. 2011.
- CHAGAS, C. da S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros**. 2006. 223f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- CLEVERS, J.G.P.W.; GITELSON, A.A. Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and 3. **Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.**, v. 23, p. 344–351, 2012.
- CUNHA, A. M. **Seleção de variáveis ambientais e de algoritmos de classificação para mapeamento digital de solos**. 2013. 121f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- DRURY, S. A. **Image interpretation in geology**. London: Allen and Unwin, 243 pp, 1987.
- ESA (European Space Agency). **Sentinel Online: Technical Guide for Sentinel-2 MSI Instrument**. Overview. <https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>
- ESA (European Space Agency). **Sentinel Online: User guide for Sentinel-2 MSI Processing Levels: Level-2 Products**. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-2>
- FERNÁNDEZ-MANSO, A.; FERNÁNDEZ-MANSO, O.; QUITANO, C. SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity. **Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.**, v. 50, p. 170–175, 2016.
- FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 288p.
- GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N.; ZUR, Y.; STARK, R.; GRITZ, U. Non-destructive and remote sensing techniques for estimation of vegetation status. In: **Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture**, Montpellier, France, 2001.
- GOEL, N. S.; QIN, W. Influences of canopy architecture on relationships between various vegetation indices and LAI and FPAR: A computer simulation. **Remote Sensing Reviews**, v. 10, n. 4, p. 309-347, 1994.
- HAIR, J.F. ; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Multivariate Data Analysis**. 3. ed. New York: Macmillan, 1995.
- HUETE, A. Huete, A.R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.
- HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote sensing of environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.
- HUNT, E. R.; DAUGHTRY, C. S. T.; EITEL, J. U.; LONG, D. S. Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 4, p. 1090-1099, 2011.
- INMAN, H. F. Karl Pearson and RA Fisher on statistical tests: a 1935 exchange from Nature. **The American Statistician**, v. 48, n. 1, p. 2-11, 1994.
- JING, J.; BAO, T.; GU, Y.; ZHU, Z. Analysis of Ridge Regression for the Multicollinearity of Monitoring Data [J]. **Hydropower Automation and Dam Monitoring**, v. 3, 2007.
- MANSFIELD, E. R.; HELMS, B. P. Detecting multicollinearity. **The American Statistician**, v. 36, n. 3, p. 158-160, 1982.
- MARQUARDT, D. W. Generalized inverses, ridge regression, biased linear estimation, and nonlinear estimation. **Technometrics**, v. 12, n. 3, p. 591-612, 1970.
- MCKENZIE, N.J; AUSTIN, M.P. A quantitative Australian approach to medium and small scale surveys based on soil stratigraphy and environmental correlation. *Geoderma* 57: 329-355,1993.
- OLIVEIRA, K. D.; KAPICHE, A. L. A. F.; COSTA, T. A.; SANCHES, I. D. A. Classificação de atributos topográficos para distinção de propriedades físico-hídricas e termodinâmicas do solo. **ANAIS DO XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR**, INPE, Santos, SP, Brasil, 2017.

- OTTONI, M. V. **Classificação físico-hídrica de solos e determinação da capacidade de campo in situ a partir de testes de infiltração**. 2005. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- PERERA, Y. Y.; ZAPATA, C. E.; HOUSTON, W. N.; HOUSTON, S. L. Prediction of the soil-water characteristic curve based on grain-size-distribution and index properties. *Geo-Frontiers 2005*, Austin, TX, United States. **Geotechnical Special Publication**, p. 49-60, 2005.
- PINHEIRO, H.S.K. **Mapeamento digital de solos por redes neurais artificiais da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ**. 2012. 175f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.
- PINHEIRO, H. S. K.; ANJOS, L. H. C.; CHAGAS, C. S. Mapeamento digital de solos por redes neurais artificiais- estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ. **Novas Edições Acadêmicas**. Saarbrücken, Germany: OmniScriptumGmbH & Co., 2013.
- PINHEIRO, H. S. K.; BARBOSA, T. P.; ANTUNES, M. A.; CARVALHO, D. C. D.; NUMMER, A. R.; CARVALHO JUNIOR, W. D.; PEREIRA, M. G. Assessment of Phytoecological Variability by Red-Edge Spectral Indices and Soil-Landscape Relationships. **Remote Sensing**, v. 11, n. 20, p. 2448, 2019.
- RAJAH, P.; ODINDI, J.; MUTANGA, O.; KIALA, Z. The utility of Sentinel-2 Vegetation Indices (VIs) and Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) for invasive alien species detection and mapping. **Nature Conservation**, v. 35, p. 41, 2019.
- REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. In situ measurement of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity, and the α -parameter using the Guelph permeameter. **Soil Science**, v. 140, n. 4, p. 292-302, 1985.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, **NASA special publication**, Houston, v. 351, p. 309, 1974.
- ROWAN, L.C.; MARS, J.C. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. **Journal of Remote Sensing of Environment**, v. 84, p. 350-366, 2003.
- SANTOS, P. A.; PINHEIRO, H. S. K.; SILVA, I. L. Análise de Produtos Oriundos de MDE para Compreensão dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ: Um Estudo em Ambiente SIG. In: II Congresso alagoano de engenharia de agrimensura, CONEAGRI, Rio Largo, **Anais...**, Alagoas, 2019.
- SEGAL, D. Theoretical basis for differentiation of ferric-iron bearing minerals, using landsat MSS data. In: **Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology**, Fort Worth, TX, p. 949-951, 1982.
- WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. **Terrain Analysis: principles and applications**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, Inc. jan./2000. ISBN 0-471-32188-5.
- XIAO, J.; SHEN, Y.; TATEISHI, R.; & BAYAER, W. Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 12, p. 2411-2422, 2006.
- ZHANG, T.; SU, J.; LIU, C.; CHEN, W. H.; LIU, H.; LIU, G. Band selection in Sentinel-2 satellite for agriculture applications. In: **23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC)**, IEEE, p. 1-6, 2017.

CAPÍTULO 71

AVALIAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO E MDES MODIFICADOS NAS CIDADES DO RIO DE JANEIRO E NITERÓI

Rafael Alvarado Matuk Ferreira¹

João Felipe Vasconcellos Ávila¹

Paula Maria Moura de Almeida¹

1. Universidade Federal Fluminense - UFF. Departamento de Geografia. Grupo de Pesquisa em Geoinformação e Dinâmicas Ambientais - GIDA. Passo da Pátria, 152-470. São Domingos. Niterói. RJ. CEP: 24210-346. paulamoura@id.uff.br; rafaelmatuk@id.uff.br; joaofelipeavila@id.uff.br.

RESUMO

O avanço das geotecnologias e do sensoriamento remoto possibilitaram o desenvolvimento de diversas metodologias para análise, gestão ambiental e predição de eventos climáticos. O uso de Modelos Digitais de Elevação é essencial em algumas metodologias de análise, onde a altimetria é uma variável importante, como os estudos de inundação, deslizamentos e elevação do nível do mar. Desse modo, esse artigo busca avaliar alguns modelos digitais de elevação, assim como, testar um método de geração de modelo de elevação modificado, que busca aumentar a precisão altimétrica dos dados disponíveis. O Modelo Digital de Elevação do Alos Palsar se destacou como o dado primário com a maior acurácia altimétrica, entre os testados, e os modelos gerados, a partir da interpolação de dados, demonstraram, no geral, melhorias na acurácia altimétrica, em relação ao dado primário.

Palavras-chave: modelos digitais de elevação; modelos digitais de terreno; sensoriamento remoto; topografia.

ABSTRACT

The advancement of geotechnologies and remote sensing has enabled the development of various methodologies for environmental analysis, management, and prediction of weather events. The use of Digital Elevation Models (DEM) is essential in some analysis methodologies where altitude is an important variable, such as flood studies, landslides, and sea level rise. Thus, this article aims to evaluate some digital elevation models as well as to test a modified elevation model generation method that seeks to increase the altimetric precision of available data. The Digital Elevation Model from Alos Palsar stood out as the primary data with the highest altimetric accuracy among those tested, and the models generated from data interpolation generally showed improvements in altimetric accuracy compared to the primary data.

Keywords: digital elevation model; digital terrain model; remote sensing; topography.

INTRODUÇÃO

O avanço das geotecnologias possibilitou uma ampliação de análise de fenômenos ambientais, seja pela distribuição e oferta de dados espaciais, sua rapidez e um menor custo de execução dos levantamentos *in situ*. Esta revolução tecnológica corresponde a uma série de desenvolvimentos em como dados espaciais são gerados, distribuídos e representados, afetando consideravelmente, tanto a eficiência quanto a economia dos estudos ambientais (Pinheiro *et al.*, 2012).

Os modelos digitais são representações matemáticas virtuais da superfície terrestre, que atribuem valores altimétricos em cada uma de suas células, permitindo a análise de dados geomorfométricos. Estes dados são essenciais para diversas metodologias de estudos ambientais, que auxiliam no mapeamento, gestão, planejamento ambiental, assim como, na predição de eventos extremos, como inundações, deslizamentos e elevação do nível do mar (Silva *et al.*, 2017).

Os modelos digitais de elevação (MDE) são modelos derivados do sensoriamento remoto orbital, que, embora sejam os mais acessíveis, apresentam algumas limitações, como o registro da altitude, baseado no que há acima do solo, contabilizando o dossel de árvores, arbustos e construções humanas. Enquanto os modelos digitais de terreno (MDT) não levam, em seu registro altimétrico, os obstáculos sobre o solo (Silva *et al.*, 2017, p. 562), proporcionando uma análise mais precisa das variáveis morfométricas do terreno.

A fim de realizar uma análise de uma planície litorânea, que exigia uma acurácia vertical, que, no caso do modelo digital de elevação, é reduzida, Folharini *et al.* (2015) testou uma metodologia para aumentar a acurácia vertical, a partir da aproximação de um MDE para um MDT. Essa transformação consiste no recorte da camada vegetal do *raster* da área de estudo, mantendo zonas de solo exposto e vegetação rasteira. O que sobrou, foi transformado em um arquivo de pontos, para realizar a geração do MDT, por interpolação.

Nesse sentido, esse estudo, de forma análoga, visa avaliar alguns MDEs, assim como, testar a metodologia de geração de modelo de elevação modificado, aproximando um MDE a um MDT, com o objetivo de analisar a viabilidade de aumentar a precisão altimétrica desses modelos para as cidades litorâneas de Rio de Janeiro e Niterói.

METODOLOGIA

Para geração, avaliação e a aplicabilidade da metodologia, foram selecionadas duas áreas de teste, as cidades do Rio de Janeiro e Niterói (Figura 1), caracterizadas por serem áreas costeiras, com configuração espacial de grande diversidade altimétrica e de uso do solo, facilitando uma ampla avaliação dos MDEs, em diferentes condições topográficas. Além disso, a seleção dessas áreas se baseia, principalmente, na acessibilidade de um MDT, gerado através do LIDAR. Esta opção deve-se à precisão altimétrica proporcionada pelo LIDAR, que serve como um padrão de referência, na avaliação dos modelos desenvolvidos. O LIDAR é um equipamento que usa pulso de laser para fazer a varredura de um terreno e, por meio do cálculo do tempo de reflexão do laser, junto à posição geográfica do aparelho, pode gerar um MDT (Jansen, 2009).

Para gerar os modelos, foram adquiridos MDE's, amplamente utilizados e acessíveis, via plataformas digitais. Sendo testados no âmbito desse trabalho, conforme apresentado da Tabela 1, os MDEs, adquiridos pela missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), de duas fontes diferentes, o disponibilizado pelo *Earth Explorer* - USGS e o disponibilizado pelo INPE, sendo denominado TopoData. Nesse último, os dados adquiridos foram processados pelo INPE, para melhorar a qualidade, sendo os dados "[...] correspondentes às etapas de processamento dos dados SRTM: preenchimento de falhas, refinamento, derivação e pós-processamento [...]" (INPE, 2009). Também foram adquiridos os MDEs do Copernicus e do AlosPalsar, disponibilizados respectivamente pela Agência Espacial Europeia (ESA) e pela NASA. Além dos MDEs, para o teste de modelos de elevação modificados, foram adquiridos dados adicionais, sendo eles, apresentados na Tabela 2.

A metodologia adotada para a geração de modelos de elevação modificados é a de Folharini *et al.* (2015). Como já mencionado, consiste em aproximar um MDE de um MDT, por meio da interpolação de pontos, topograficamente equivalentes, ou seja, pontos onde o MDE representa a elevação real da terra, desconsiderando os que representam a altura de estruturas antrópicas ou árvores.

Para identificar as áreas, onde se encontram os pontos topograficamente equivalentes, utilizamos os mapeamentos de Uso e Cobertura do Solo do INEA (CAR25), somado com o mapeamento disponibilizado pelo Sistema de Gestão da Geoinformação de Niterói; e, para o Rio de Janeiro, foi utilizado o Uso e Cobertura do Solo do INEA (CAR25) somado a uma camada de uso do solo (2019) do Instituto Pereira Passos, disponibilizada via *website* DATA.RIO. Para selecionarmos apenas as áreas topograficamente equivalentes, recortamos o *shapefile*, apenas com as classes que refletem esse tipo de uso do solo, que foram: os cordões arenosos, os afloramentos rochosos, as áreas de pastagem, os corpos hídricos, as praias e as dunas.

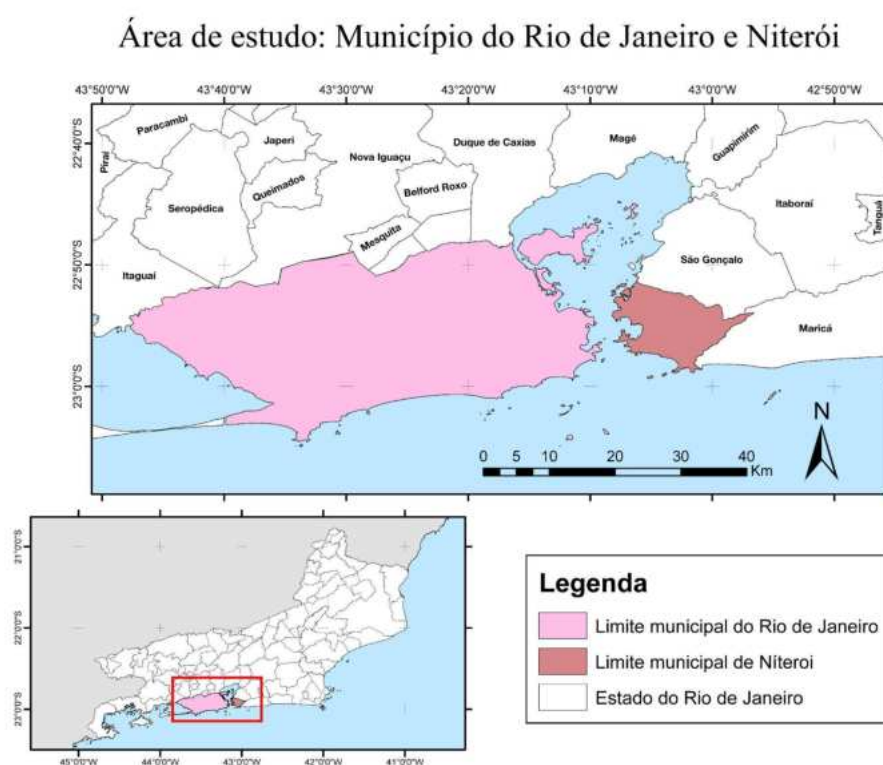


FIGURA 1 - Municípios do Rio de Janeiro e Niterói. Elaboração própria.

TABELA 1 - Modelos digitais de elevação considerados.

Modelo	Resolução	Link
SRTM - USGS	30m	https://earthexplorer.usgs.gov/
TOPODATA	30m	http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php
ALOS PALSAR	12,5m	https://search.earthdata.nasa.gov

Elaboração própria.

TABELA 2 - Dados adicionais para interpolação.

Arquivo	Fonte	Link
Curvas de nível (BC 25)	IBGE/MPRJ	https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads ou http://inloco.mprj.mp.br/
Rede de Drenagem (Niterói)	Prefeitura Municipal de Niterói (HUB SIGeo)	https://www.sigeo.niteroi.rj.gov.br/datasets/39ed61e15ea14c1281ea60e0e16cb071_60/explore
Rede de Drenagem (Rio de Janeiro)	Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (DataRio)	https://www.data.rio/datasets/PCRJ::hidrografia-3/explore

Elaboração própria.

Para o nosso trabalho, optamos por gerar um *shapefile* de pontos, a partir do MDE, utilizando a ferramenta *Raster to Point*, que transforma cada *pixel* em um ponto vetorial, com uma distância de 30 m, entre eles. Posteriormente, foi recortado esse *shapefile*, para seleção de apenas os pontos, que se encontravam nas áreas selecionadas. Após esse processo, realizamos uma filtragem manual dos pontos, a fim de garantir a qualidade dos pontos.

Utilizando os dados coletados, procedeu-se à interpolação dos pontos de elevação para a geração dos MDEs modificados (Tabela 3). Para fins de comparação, foram gerados modelos, a partir dos dados de altimetria de cada um dos MDEs mencionados (Tabela 1), em determinadas situações, o uso de curvas de nível e de redes de drenagem. A técnica de interpolação empregada foi a *Topo to Raster*, utilizando o tamanho de célula de 30 metros.

TABELA 3 - Modelos digitais gerados e dados utilizados.

MDE - MOD1	Gerado a partir da interpolação de pontos de elevação topograficamente equivalentes.
MDE - MOD2	Gerado a partir da interpolação de pontos de elevação topograficamente equivalente juntamente com a rede de drenagem.
MDE - MOD3	Gerado a partir da interpolação de pontos de elevação topograficamente equivalente juntamente com as curvas de nível
MDE - MOD4	Gerado a partir da interpolação de pontos de elevação topograficamente equivalente juntamente com as curvas de nível e a Rede de drenagem.

Elaboração própria.

Para a avaliação dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), foram criados 101 pontos, distribuídos de forma aleatória, dos quais, extraímos as altitudes correspondentes em cada modelo, usando a funcionalidade *Extract value to point*, para comparar com os dados altimétricos, gerados pelo LIDAR. A comparação altimétrica foi realizada, a partir da diferença entre os valores extraídos do LIDAR e de cada um dos MDEs gerados, utilizando *software* Microsoft Excel. A partir dessa diferença, foi calculada a média, a mediana e o desvio padrão de cada modelo.

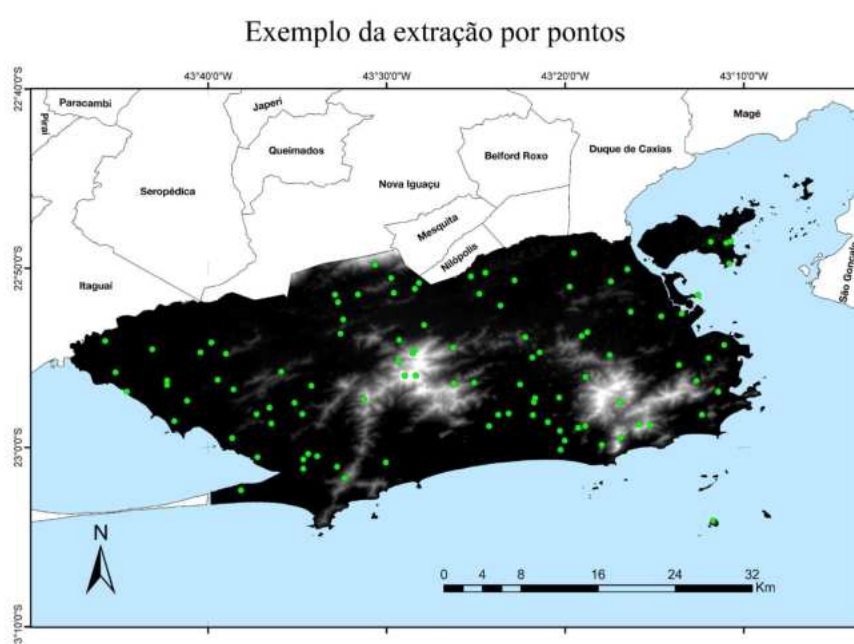


FIGURA 2 - Pontos aleatórios usados na comparação dos valores entre MDEs e o MDT no Rio de Janeiro. Elaboração própria.

RESULTADOS

Ao avaliar os dados dos MDEs originais, observou-se que, no contexto do Rio de Janeiro e Niterói, o Alos Palsar se destacou, por sua maior acurácia altimétrica, apresentando uma média de erro de 4,58 metros, em Niterói (Tabela 4) e de 4,4 metros, na cidade do Rio de Janeiro (Tabela 5), em comparação ao Lidar. Por outro lado, o TopoData mostrou ser o modelo com menor acurácia, indicando uma média de erro de 10,79 metros, em Niterói; e 6,8 metros, no Rio de Janeiro.

Dentre os MDEs gerados pelo Topo to Raster, os modelos 3 e 4 se destacaram com os melhores resultados, sendo os gerados através de pontos topograficamente equivalentes, junto às curvas de nível, e os gerados através de pontos topograficamente equivalentes, junto às curvas de nível e à rede de drenagem, respectivamente. De outro modo, os modelos 1 e 2 apresentaram os resultados mais imprecisos, o que pode ser atribuído à ausência da utilização de curvas de nível, as quais se mostraram fundamentais para obtenção da precisão altimétrica nos modelos.

Dentre os modelos gerados para Niterói, Copernicus MOD4 se destacou como o de maior precisão, com uma média de erro de 6,44 metros; e o Alos Palsar MOD1; como o modelo com menor precisão, com a média de 37,19 metros. Entretanto, apesar de alguns modelos gerados apresentarem uma melhoria na precisão altimétrica, em comparação com os dados iniciais, os resultados obtidos ficaram abaixo dos dados originais do Alos Palsar. No caso específico do Alos Palsar, em Niterói, os modelos gerados reduziram a precisão, em relação ao dado inicial, o que deve ser investigado, no decorrer da pesquisa, já que, no Rio de Janeiro, o mesmo não pode ser afirmado. No caso do Rio de Janeiro, o modelo gerado mais preciso foi o Copernicus MOD3, enquanto que o TopoData MOD1 foi o que apresentou a menor precisão. Ademais, todos os modelos, modificados com o auxílio das curvas de nível (MOD3 e MOD4), obtiveram uma acurácia maior que seu modelo base.

TABELA 4 - Resultados comparação dos MDEs - Niterói.

Modelo	Média	Mediana	Desvio Padrão
USGS Original	7,09	6	4,79
USGS MOD1	36,49	23,00	51,19
USGS MOD2	34,40	21,00	50,99
USGS MOD3	6,60	5,00	5,59
USGS MOD4	6,54	5,00	5,52
TopoData Original	10,69	7,60	8,64
TopoData MOD1	36,68	25,00	50,02
TopoData MOD2	34,67	20,00	49,20
TopoData MOD3	6,66	6,00	5,60
TopoData MOD4	6,60	5,00	5,50
Copernicus Original	6,60	5,14	5,23
Copernicus MOD1	35,75	23,00	52,13
Copernicus MOD2	35,49	19,00	52,40
Copernicus MOD3	6,50	5,00	5,67
Copernicus MOD4	6,44	5,00	5,58
Alos Palsar Original	4,58	4	3,33
Alos Palsar MOD1	37,19	22,00	53,29
Alos Palsar MOD2	36,29	21,00	52,47
Alos Palsar MOD3	6,56	5,00	5,64
Alos Palsar MOD4	6,54	5,00	5,57
MDE Curvas de nível	7,16	5,84	6,24

Elaboração própria.

TABELA 5 - Resultados comparação MDEs - Rio de Janeiro.

Modelo	Média	Mediana	Desvio Padrão
USGS Original	6	4,5	5,4
USGS MOD1	15,73	5,42	26,7
USGS MOD2	14,66	6,3	24,65
USGS MOD3	4,37	2,61	5,2
USGS MOD4	4,54	2,66	6,11
Topodata Original	6,8	3,8	8,5
TopoData MOD1	17,21	5,72	28,4
TopoData MOD2	15,93	5,77	26,41
TopoData MOD3	5,18	2,71	7,88
TopoData MOD4	5,36	2,48	8,86
Copernicus Original	4,3	1,8	5,6
Copernicus MOD1	14,91	4,27	26,91
Copernicus MOD2	13,64	3,8	24,2
Copernicus MOD3	3,87	2,2	5,22
Copernicus MOD4	4	1,65	6,17
Alos Palsar Original	4,4	3,3	4,7
Alos Palsar MOD1	13,24	4,96	22,53
Alos Palsar MOD2	13,49	4,3	24
Alos Palsar MOD3	4	2	5,26
Alos Palsar MOD4	4,24	2	6

Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas, observou-se que o Alos Palsar foi o MDE com a maior precisão altimétrica para aplicações em metodologias de análise ambiental, nas regiões do Rio de Janeiro e Niterói, oferecendo os menores erros médios, em comparação com as outras alternativas avaliadas.

Embora os MDEs modificados, gerados em Niterói, tenham apresentado uma melhoria na precisão altimétrica, a comparação entre os modelos sugere que os modelos resultantes ainda não alcançam o nível de precisão que o Alos Palsar fornece. Um dos fatores que pode ser atribuído é a baixa densidade de pontos, topograficamente equivalentes, devido ao tipo de uso do solo. Isso, porém, não é observado no caso do Rio de Janeiro, o qual teve melhores resultados no MOD 3 e MOD 4.

No entanto, para ampliar o entendimento de como os interpoladores podem melhorar a precisão desses dados, é necessário aumentar a gama de análises, a fim de compreender a influência das variáveis, para identificar possíveis regiões, onde a metodologia pode ser eficaz. Em etapas futuras da pesquisa, também está previsto investigar o comportamento dos resultados, utilizando outros interpoladores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAGAS, C.S.; FERNANDES FILHO, E.; ROCHA, M.F.; CARVALHO JÚNIOR, W.; SOUZA NETO, N.C. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, fev. 2010.
- FELGUEIRAS, C.; CÂMARA, G. **Introdução à ciência da geoinformação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2021. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>
- FOLHARINI, S.; OLEIVEIRA, R.; FURTADO, A. Metodologia para conversão de Modelo Digital de Elevação em Modelo Digital de Terreno. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa, 25 a 29 de abril de 2015. p. 1761-1767.
- JENSEN, J. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. 2. ed. University of South Carolina, 2009. p. 338-342.
- LOPES, I.; CAMPOS, J.; FRAGA, M.; AIRES, U.; SILVA, D. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Caratinga, sub bacia do rio Doce, MG. *In*: III Simpósio de Recurso Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Viçosa, MG, 27-29 ago. 2018. **Anais...**, Viçosa, 2018.
- PINHEIRO, H.; CHAGAS, C.; Júnior, W., & Anjos, L. (2012). Modelos de elevação para a obtenção de atributos topográficos utilizados em mapeamento digital de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1384-1394.
- SILVA, J.; OKA-FIORI, C.; SILVEIRA, C. Geomorfometria: uma análise de conceitos, métodos e aplicações em geografia física. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, 2017.

CAPÍTULO 72

AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL NO MAPEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS

Pietro Meirelles Brites¹

Roberto Marques Neto²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. pietrombrites@hotmail.com.

2. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFRJ. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. São Pedro. Juiz de Fora. MG. CEP: 36036-900. roberto.marques@ufjf.br.

RESUMO

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) e a sua zona de amortecimento sofrem anualmente com incêndios, que prejudicam seus atributos físicos, bióticos e sociais. O objetivo deste trabalho foi identificar áreas de risco de incêndio no PARNASO e na sua zona de amortecimento (ZA), como subsídios ao planejamento e gestão ambiental. Este estudo utilizou a avaliação multicriterial, em ambiente SIG, para mapear áreas de risco de incêndio na referida unidade de conservação. O produto final indicou áreas com predominância de risco médio a baixo, sendo as áreas de alto risco, inseridas em contextos altimétricos médios e altos, escarpadas declivosas, locais de agricultura e floresta densa, vertentes orientadas majoritariamente para o Norte e, particularmente, as maiores proximidades a rodovias e postos de gasolina. O estudo demonstrou que a avaliação multicriterial e o método AHP são valiosos recursos para a avaliação de riscos de incêndios e que o modelo produzido pode ser usado na tomada de decisão em planejamento e gestão ambiental.

Palavras-chave: risco de incêndio; avaliação multicriterial; análise hierárquica de processos; unidade de conservação.

ABSTRACT

The Serra dos Órgãos National Park (PARNASO) and its buffer zone annually suffer from fires that harm their physical, biotic, and social attributes. The aim of this study was to identify fire risk areas in PARNASO and its buffer zone as support for environmental planning and management. This study used multicriteria evaluation in a GIS environment to map fire risk areas in the Conservation Unit. The final product indicated areas predominantly with medium to low risk, with high-risk areas located in medium and high altimetric contexts, steep slopes, areas of agriculture and dense forest, predominantly north-facing slopes, and particularly close proximity to highways and gas stations. The study demonstrated that multicriteria evaluation and the AHP method are valuable tools for assessing fire risks and that the produced model can be used in decision-making in environmental planning and management.

Keywords: fire risk; multicriteria evaluation; analytical hierarchy process (AHP); conservation unit.

INTRODUÇÃO

Os incêndios em vegetação representam um desafio constante, tanto no Brasil quanto no mundo, exigindo uma atenção especial dos órgãos públicos de planejamento e gestão. Em todo o país, as preocupações com os incêndios aumentam, durante os meses de inverno e primavera, uma vez que, nesse período, os índices pluviométricos são baixos, o que aumenta consideravelmente a probabilidade de ocorrência de incêndios. Esses incidentes causam perdas significativas no ambiente, afetando a regulação nos fluxos de matéria e energia e impactando diretamente a flora e a fauna. Além disso, é importante destacar os prejuízos econômicos, a destruição de ecossistemas, os custos operacionais associados ao combate aos incêndios e, até mesmo, as perdas de vidas humanas (Silveira; Vettorazzi; Valente, 2008).

As unidades de conservação (UC), como o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), enfrentam anualmente desafios, relacionados à ocorrência de incêndios dentro de seus limites, sejam eles, de origem natural ou antropogênica. Essas áreas desempenham um papel crucial no fornecimento de água, no armazenamento de carbono, na prestação de serviços ecossistêmicos e na preservação de *habitats* para diversas espécies de flora e fauna. Nesse sentido, as queimadas representam um obstáculo significativo para a gestão e o planejamento dessas UCs, pois suas consequências podem incluir a perda de biodiversidade, a erosão do solo e, até mesmo, a deterioração da qualidade do ar local (Lacerda *et al.*, 2022). É sabido que diversos atributos ambientais, como o relevo, as condições pluviométricas e de umidade do ar e do solo; além do uso da terra, podem amplificar ou atenuar a propagação do fogo e a sua intensidade.

Diversos estudos destacam fatores determinantes na identificação dos níveis de risco de incêndio (Lacerda *et al.*, 2022; Ladislau, 2021; Pezzopane; OLiveira Neto; Vilela, 2012; Pinto, 2021; Torres *et al.*, 2016; 2017), os quais, se dividem em fatores constantes e variáveis, ou estruturais e dinâmicos. Os fatores constantes englobam tipos de vegetação, relevo, topografia, tipo de material combustível e uso da terra. Enquanto isso, os fatores variáveis incluem condições atmosféricas, geralmente, precipitação e umidade do ar, variando em diferentes escalas temporais, conforme a necessidade de detalhamento. Compreender como cada um desses fatores influencia o processo de ignição e propagação do fogo é crucial para o planejamento eficaz de prevenção.

A cobertura vegetal exerce uma influência direta no comportamento do fogo, pois determina o tipo de material combustível disponível. Da mesma forma, a declividade do terreno impacta na propagação do fogo, sendo que, declives íngremes estão associados ao maior risco de incêndios. A orientação das encostas também desempenha um papel relevante, uma vez que a exposição solar está diretamente relacionada ao risco de incêndios florestais. Quanto maior a exposição, maior o risco. Além disso, a proximidade de estradas, postos de gasolina e construções é um fator crítico na incidência de incêndios, como indicado por Prudente (2016), onde as maiores ocorrências são registradas em áreas próximas a rodovias movimentadas (Torres *et al.*, 2010).

Diante do exposto, este trabalho tem, como objetivo, identificar as áreas de risco de incêndio no PARNASO e na sua zona de amortecimento (ZA), como subsídio ao planejamento e gestão ambiental.

ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos, retratado na Figura 1, abrange uma área de, aproximadamente, 20.024 hectares e foi a terceira unidade de conservação criada no Brasil, em 1939. A área é delimitada pelas seguintes cartas topográficas: do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:50.000: Itaipava (SF-23-Z-B-I-4), Teresópolis (SF-23-Z-B-II-3), Petrópolis (SF-23-Z-B-IV-2) e Itaboraí (SF-23-Z-B-V-1). Localizado na região Sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro, o parque engloba os municípios de Teresópolis (9,9%), Magé (34,5%), Guapimirim (15,9%) e Petrópolis, com 39,5% da área (ICMBio, 2008). Esta unidade de conservação está situada em uma região de altitudes elevadas, variando de 200 a 2200 metros, na Serra do Mar, apresentando uma amplitude altimétrica considerável (100 m a 2.200 m) e declividades acentuadas, com mais de 45%, relacionadas a relevos de serras escarpadas. Essa condição contribui para a presença de áreas ecologicamente importantes e paisagens de franca excepcionalidade.

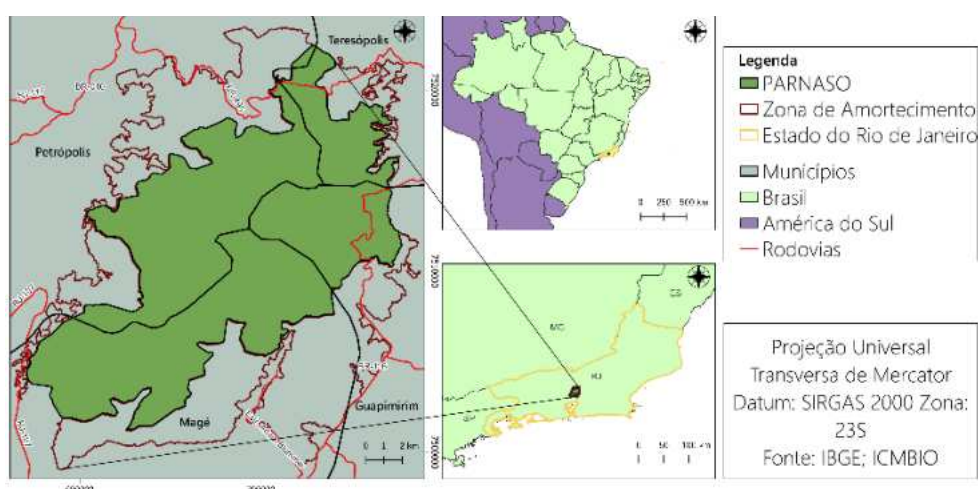


FIGURA 1 - Mapa de localização do PARNASO e sua ZA. Elaboração própria.

A precipitação média anual varia de acordo com a altitude, com volumes que variam entre 2.000 e 3.600 mm e aumentando gradualmente com o aumento da altitude. As fitofisionomias do PARNASO também variam conforme a altitude, incluindo a Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana (até 500 m), Floresta Ombrófila Densa Montana (de 500 m a 1500 m), Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (de 1500 m a 2000 m) e Campos de Altitude (acima de 2000 m) (Castro, 2008; Cronemberger *et al.*, 2007).

O PARNASO abriga 20% das áreas dos campos de altitude do estado do Rio de Janeiro, conforme mencionado por Aximoff (2011). O autor também alerta para as perdas de espécies florísticas e faunísticas, em altitudes superiores a 1.600 m. Ele afirma que, se a pressão humana continuar nos moldes atuais, incluindo o uso do fogo, as espécies ameaçadas de extinção e restritas aos campos de altitude, e não tolerantes a esse distúrbio, só conseguirão sobreviver, mediante outra intervenção humana, com o intuito de protegê-las.

Os incêndios mais recentes e de grande magnitude que o PARNASO enfrentou, atingiram cerca de 70 hectares de vegetação, em 2020. As causas desses incêndios ainda estão sob investigação, mas as autoridades suspeitam de ação humana. Em 2018, também ocorreu um incêndio que afetou o parque, queimando cerca de 35 hectares. Já em 2014, os incêndios persistiram por aproximadamente 13 dias, consumindo uma área de 1.600 hectares (G1, 2018; Knust; Marinho, 2020; Soares, 2014).

METODOLOGIA

Os caminhos metodológicos adotados se organizaram em três fases. A primeira, consistiu na organização do banco de dados geográficos e na realização de pesquisas bibliográficas. A segunda fase envolveu a elaboração dos produtos intermediários e o diagnóstico do meio físico. Por fim, a terceira fase foi dedicada à avaliação do risco potencial de incêndio, com base nas fases anteriores, na tomada de decisão multicritério e na definição dos pesos dos atributos.

A avaliação do risco de incêndios florestais foi conduzida, por meio da aplicação da metodologia de avaliação multicritério, utilizando a álgebra de mapas. A análise ocorreu no sistema de informação geográfica (SIG) QGIS 3.22.10, o qual, permitiu a integração de dados, provenientes de diversas fontes, em um único ambiente de análise. Os critérios utilizados para avaliar o risco de incêndios foram: declividade, precipitação média do quarto mais seco, orientação de vertentes, proximidade com rodovias, proximidade com postos de gasolina, uso do solo, velocidade média dos ventos e temperatura média do quarto mais seco. Esses critérios foram selecionados, com base na revisão da literatura sobre os fatores que influenciam a ocorrência de incêndios florestais. Para todos os fatores,

foi realizada uma reclassificação, de acordo com a susceptibilidade ao fogo, atribuindo-se a cada elemento, um coeficiente entre 1 e 5, sendo 1, para susceptibilidade muito baixa; 2, para baixa; 3, para moderada; 4, para alta; e 5, para muito alta.

Os produtos cartográficos intermediários, como declividade e orientação das vertentes, foram gerados, a partir do modelo digital de elevação (MDE), da *Alaska Satellite Facility* – ASF, utilizando imagens da missão Alos Palsar, com resolução de 12,5 m/pixel. A declividade foi definida em porcentagem e reclassificada, conforme Ross (1994). Para parâmetros climáticos, foi utilizado o *WorldClim*, um banco de dados global sobre o clima, com resolução espacial de 1 km² (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>). Os níveis hierárquicos aplicados estão na Tab. 1.

TABELA 1 - Níveis Hierárquicos dos comportamentos climáticos.

Níveis Hierárquicos	Características Climáticas
1 - Muito baixa	160.1 < / >= 10C° / >= 1.6 M/s
2 - Baixa	140.1 a 160mm. / 10.1 a 12C° / 2.0 a 2.4 M/s
3 - Média	120.1 a 140mm. / 12.1 a 14C° / 2.41 a 2.8 M/s
4 - Forte	100.1 a 120mm. / 14.1 a 16C° / 2.81 a 3.2 M/s
5 - Muito Forte	>= 100 mm. / 16.1C° < / 3.2 M/s <

Elaboração própria.

O mapa de uso e cobertura da terra para 2020 foi obtido no MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>), utilizando imagens de satélite Landsat, com resolução de 30 m. A classificação foi feita por meio de método de classificação digital supervisionada, *pixel a pixel*, utilizando *machine learning* no Google Earth Engine. O mapeamento das fitofisionomias da cobertura vegetal foi baseado no manual técnico de vegetação brasileira do IBGE (2012) e informações do ICMBIO (2008). Os níveis de risco de incêndio foram reclassificados conforme Tabela 2.

TABELA 2 - Graus de risco à incêndio em função do uso e ocupação e tipos de cobertura vegetal.

Graus de Risco	Tipos de Cobertura Vegetal
1 - Muito Baixo	Florestas Ombrófilas Densas (submontanas, montanas e alto montanas).
2 - Baixo	Formações arbustivas e arborícolas esparsadas.
3 - Média	Afloramento rochoso.
4 - Alto	campos de altitude, pastagem extensiva e agricultura.
5 - Muito Alto	Uso urbano.

Elaboração própria.

O processo de orientação das vertentes foi realizado utilizando o MDE e a ferramenta de orientação do QGIS. Posteriormente, foi feita uma reclassificação, com base nos graus e direções. É sabido que vertentes, localizadas no quadrante Sul, tendem a ser mais úmidas no Hemisfério Sul, conforme observado por Henz *et al.* (2003). Por isso, a classificação das vertentes seguiu os níveis hierárquicos, descritos na Tabela 3.

TABELA 3 - Níveis hierárquicos da orientação das vertentes.

Níveis hierárquicos	Orientação das vertentes
1 - Muito baixa	Plano (-1°), Sul (157,5 a 202,5°), sudoeste (202,5 a 247,5°)
2 - Baixa	Sudeste (112,5 a 157,5°)
3 - Média	Leste (67,5 a 112,5°), Oeste (247,5 a 292,5°)
4 - Forte	Nordeste (22,5 a 67,5°)
5 - Muito Forte	Norte (337,5 a 359,7°), Noroeste (292,5 a 337,5°)

Elaboração própria.

Os dados da rodovia foram obtidos da base do IBGE (2018). A localização do posto de gasolina foi obtida por meio do Google Earth Pro. Para esses parâmetros, utilizou-se a ferramenta *R.grow distance* e, em seguida, os dados foram reclassificados, de acordo com as distâncias de interesse: 100 m (5), 100 m a 500 m (4), 500 m a 1000 m (3), 1000 m a 1500 m (2) e mais de 1500 m (1).

Por fim, para ponderar os valores de contribuição dos diversos elementos envolvidos no estudo, foram utilizados os trabalhos de Lacerda *et al.* (2022) e Ladislau (2021), além da aplicação da Análise Hierárquica de Processos (AHP) como método para atribuir pesos a cada variável selecionada. Para tanto, realizou-se uma análise prévia da área de estudo, a fim de determinar o grau de importância dos fatores. Em outras palavras, foi necessário compreender as classes de hierarquia de cada componente definido, a fim de organizá-los em ordem de prioridade, em relação à sua propensão de contribuir para o fenômeno em questão, que são os incêndios. Esse processo ocorreu em três etapas fundamentais: a definição dos critérios, por meio de mapas temáticos, a construção de um conjunto de matrizes de comparação, pareada com os atributos selecionados, e a atribuição de pesos aos critérios previamente definidos (Saaty, 2008).

Após os cálculos para obtenção do valor do vetor de consistência e da taxa de consistência, foram encontrados os valores apresentados na Tabela 4. Ao avaliar os valores finais dos pesos, concluiu-se que estão corretos e estatisticamente aceitáveis, uma vez que a taxa de consistência é inferior a 0,10.

Ao término do processo, os fatores foram somados, de acordo com seus respectivos níveis hierárquicos, levando em consideração também seus respectivos pesos. Posteriormente, realizou-se a álgebra de mapas, a fim de obter o mapa de risco de incêndios.

TABELA 4 - Escala de pesos e taxa de consistência.

Variáveis	Pesos associados	Taxa de consistência
Declividade	0,187334705	0,052672553
Precipitação	0,043197179	
Proximidade com estradas	0,199823685	
Prox. com posto de gasolina	0,199823685	
Uso e ocupação	0,199823685	
Orientação das vertentes	0,09858948	
Velocidade dos ventos	0,035703791	
Temperatura média	0,035703791	

Elaboração própria.

RESULTADOS

As estatísticas zonais das classes de risco de incêndios, para o PARNASO e sua ZA, são apresentadas na Tabela 5. Observa-se que predominam as áreas de risco médio e baixo, representando respectivamente 59,77% e 37,73% da área de estudo. Contudo, é crucial dedicar atenção especial às áreas de alto risco, que correspondem a 2,46% do total, uma vez que ocupam locais extremamente sensíveis. As demais classes, de muito alto e muito baixo riscos, apresentaram valores insignificantes, inferiores a 1%.

TABELA 5 – Estatísticas zonais das áreas de risco à incêndios do PARNASO e ZA.

Nível de risco	% da área total
Muito alto	0,01
Alto	2,46
Médio	59,77
Baixo	37,73
Muito Baixo	0,03
Total	100,00

Elaboração própria (2022).

A predominância das áreas de risco médio e baixo sugere que a maior parte da área não está sob um risco imediato e elevado de incêndio. Essa é uma informação positiva, que indica uma relativa estabilidade e segurança, na maior parte da área estudada. No entanto, a presença de áreas de alto risco, mesmo que em uma porcentagem relativamente pequena, demanda atenção especial das autoridades responsáveis pela gestão do parque. Como mencionado anteriormente, dentro dos limites do parque, são poucas as áreas que se distanciam das classes de risco baixo e médio, apenas aquelas diretamente ligadas à rodovia BR-116, onde também se encontram o posto do Garrafão e a BR-495.

É necessário prestar grande atenção a essas áreas, pois encontram-se em meio à serra, em uma localização que facilita a propagação rápida do fogo, caso o ponto inicial seja em uma dessas áreas, devido às altas declividades envolvidas nesse contexto, facilitando a propagação ascendente vertente acima, mesmo em condições de presença de florestas úmidas.

A distribuição espacial das classes de risco de incêndio, bem como a sua validação, podem ser observadas nas Figuras 2A e 2B, respectivamente. Este estudo utilizou, como método de validação das informações sobre a frequência de fogo, detectadas pelo MapBiomas, onde os *pixels* representam o número de vezes que fogo foi identificado, durante o período selecionado de 1985 a 2020. É possível observar semelhança entre os dois mapas, especialmente, no setor norte da área de estudo. Algumas hipóteses sugerem que o setor sul, que abriga diferentes usos, possa estar mais protegido, devido à intensificação da fiscalização pelo parque. Além disso, os fatores associados aos setores sul e norte podem ter pesos diferentes, devido às suas características distintas. Por exemplo, os solos que ocorrem no setor norte são predominantemente imaturos, majoritariamente, Neossolo Litólico, o que dificulta a retenção de umidade; e havendo presença de muitas rochas expostas, aumentando a temperatura ao nível do solo.

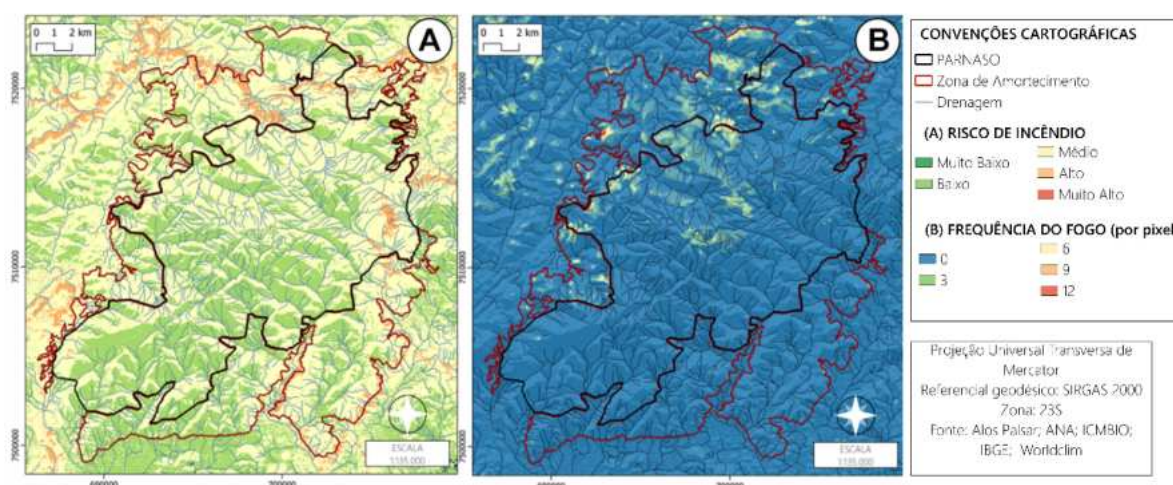


FIGURA 2 - A) Mapa de risco de incêndio; B) Mapa de Frequência do fogo (1985-2020). Elaboração própria.

A classe de maior expressão espacial no parque foi identificada como de risco médio, caracterizada por uma diversidade ambiental, que abrange declividades predominantemente superiores a 12%, variados usos do solo, desde florestas úmidas até áreas urbanas, e vertentes voltadas para os pontos cardeais norte, noroeste e nordeste. A variação altimétrica, que varia de 200 m a 2.200 m, exerce uma influência marcante na variabilidade da precipitação, temperatura e velocidade do vento. Esta classe transita entre todas as categorias dos fatores determinantes e merecem destaque, as áreas mais altas do parque, onde a vegetação de campos de altitude, as altas declividades e a orientações de vertentes contribuem para o risco médio associado (Torres *et al.*, 2016).

A segunda maior classe em área, de baixo risco, é observada em certos locais, mesmo com altas declividades do relevo montanhoso, contanto que suas vertentes estejam predominantemente voltadas para sul, sudeste e sudoeste, e estejam circunscritas em floresta ombrófila densa

submontana, montana e alto montana, características da área de estudo. Além disso, é necessário que a precipitação esteja distribuída nos três maiores níveis hierárquicos, 160 mm, 140,1 a 160 mm e 120,1 a 140 mm, para o quarto mais seco.

As áreas de alto risco predominam em regiões mais próximas das rodovias, seguindo uma distribuição, ao longo das faixas de distância, com maior concentração nas distâncias de até 500 m e poucos casos acima de 500 m até 1000 m, associando-se a diversas características ambientais locais. Observam-se descontinuidades, relacionadas à proximidade das rodovias com a classe de alto risco; e essas, estão ligadas à orientação das vertentes para sul, sudeste e sudoeste. Onde há continuidade, as orientações são predominantemente opostas, com poucas exceções em leste e oeste. A temperatura no parque segue o padrão altimétrico e a disposição de sul para norte, com elevação gradual. Isso significa que as áreas ao sul, mais baixas, tendem a ter temperaturas mais altas, enquanto as áreas ao norte, mais elevadas, tendem a ter temperaturas mais baixas. É necessário também fazer distinções entre as áreas de alto risco ao sudeste e ao norte do parque, devido às diferentes características associadas. As áreas ao sul estão ligadas à floresta úmida e apresentam declividades mais acentuadas, chegando a 75% em grande parte, enquanto no norte, na porção da ZA, estão associadas à agricultura e à pastagem, com declividades variando de 10-20%.

Por fim, cumpre sublinhar o papel da zona de amortecimento para a contenção da propagação dos incêndios para a área protegida, posto que a maioria dos focos se concentra nesse espaço, enfaticamente, no setor noroeste. Contraditoriamente, é justamente por esse setor, ao longo da ZA descontínua e irregular, onde se verifica o principal vetor de transferência externa ao parque, verificando-se congruência entre o mapa de risco e o mapa de frequência, o que sublinha a necessidade de regramentos mais criteriosos para o uso do solo no envoltório direto de UCs.

CONCLUSÕES

É evidente que o conhecimento das características da área de estudo é crucial para a seleção das variáveis aplicadas na elaboração dos mapas de risco. Notam-se diferenças na importância relativa de algumas variáveis em relação a outras, como fatores potencializadores para o aumento do risco de ocorrência de incêndios florestais. Em trabalhos futuros, os dados de trilhas e o fluxo de turismo podem ser incorporados ao estudo de risco de incêndios.

O presente estudo de caso também apontou correlação entre as áreas com alto risco de incêndio e a frequência de ocorrência de fogo, indicando uma correspondência com a realidade espacial do PARNASO e da sua ZA, para o setor norte. No entanto, alguns desafios desta pesquisa são evidenciados, como a escala de dados dos fatores de precipitação média e temperatura média, em que a falta de distribuição espacial de estações climatológicas impossibilitou um mapeamento mais detalhado e preciso das variáveis climáticas. Outra sugestão para estudos futuros é a produção de dados primários de clima, visando enriquecer a UC com informações relevantes para o manejo da paisagem.

O produto de síntese é promissor, em termos de sua aplicabilidade no planejamento ambiental, e pode ser facilmente replicado, a partir de novos dados, para uma atualização nos próximos anos. O modelo de gráfico obtido pode servir como subsídio para a tomada de decisões, em relação às intervenções na paisagem, ou seja, no planejamento e gestão ambiental. A identificação de áreas de risco de incêndios permite um direcionamento eficaz da fiscalização periódica para essas localidades e a implementação de medidas protetivas estratégicas para cada zona.

Sugere-se que pesquisas futuras explorem novos métodos de quantificação dos pesos atribuídos aos elementos para a construção de um modelo e também, avaliem a ampliação da quantidade de variáveis. O método AHP tem se mostrado promissor para a definição de pesos e, portanto, destaca-se a importância de realizar uma comparação de modelos futuros, bem como uma avaliação extensiva em campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AXIMOFF, I. O que Perdemos com a Passagem do Fogo pelos Campos de Altitude do Estado do Rio de Janeiro? **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, n. 2, p. 180-200, 2011.
- CASTRO, E.B.V. Plano de manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, **Portaria ICMBio**, n. 45, 2008.
- CRONEMBERGER, C.; DE CASTRO, E.B.V. *et al.* **Ciência e conservação na Serra dos Órgãos**. Brasília: IBAMA, 2007.
- HENZ, J. *et al.* Correlação entre orientação das vertentes e uso do solo das bacias hidrográficas Arroio Travesseiro e Sanga do Velocindo-RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, v. 10, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2003. p. 2141-2143.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Base contínua Rio de Janeiro 1:25.000 (BC_RJ25)**. 2018. ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/rj/versao2018/
- Incêndio em Petrópolis, RJ, atinge área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. **G1 Região Serrana**, 01 jul. 2018. <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/incendio-em-petropolis-rj-atinge-area-do-parque-nacional-da-serra-do-orgaos.ghtml>
- KNUST, K.; MARINHO, R.; Fogo atinge PARNASO e deixa Serra dos Orgãos com dois incêndios de grandes proporções. **G1 Região Serrana**, 28 de Julho, 2020. <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2020/07/28/fogo-atinge-parnaso-e-deixa-serra-dos-orgaos-com-dois-incendios-de-grandes-proporcoes.ghtml>
- LACERDA, H.C. *et al.* Susceptibility to wildfire in a conservation unit located in the transition region of Cerrado and Atlantic Forest Biomes, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 451-473, 2022.
- LADISLAU, F.F. *et al.* Análise Multicritério aplicada ao mapeamento de risco de incêndio na APA Sul RMBH. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 66, p. 667-667, 2021.
- PEZZOPANE, J.E.M.; OLIVEIRA NETO, S.; VILELA, M.F. Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. **Floresta e Ambiente**, v. 8, p. 161-166, 2012.
- PINTO, D.L. *et al.* Periods of highest occurrence of forest fires in Brazil. **Floresta**, v. 51, n. 2, p. 484-491, 2021.
- PRUDENTE, T.D. **Risco integrado de incêndio florestal em áreas de cerrado: contribuições metodológicas**. 2016. 132 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16019>
- TORRES, F.T.P. *et al.* Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista árvore**, v. 34, p. 297-303, 2010.
- TORRES, F.T.P. *et al.* Influência do relevo nos incêndios em vegetação em Juiz de Fora (MG). **GEOgraphia**, v. 18, n. 36, p. 170-182, 2016.
- TORRES, F.T.P. *et al.* Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.
- SILVEIRA, H.L.F.; VETTORAZZI, C.A.; VALENTE, R.O.A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente SIG, na bacia do Rio Corumbataí, SP. **Revista árvore**, v. 32, p. 259-268, 2008.
- SOARES, F.; Incêndio avança e atinge Parque Nacional em Petrópolis. **G1 Região Serrana**, 13 out. 2014. <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2014/10/incendio-avanca-e-atinge-parque-nacional-em-petropolis-no-rj.html>

CAPÍTULO 73

MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE DADOS NÃO ESTRUTURADOS DA GOOGLE PARA ANÁLISE DO RITMO URBANO

Carlos Eduardo Gomes Benevides¹

Patricia Luana Costa Araújo²

Felipe Gonçalves Amaral²

Carla Bernadete Madureira Cruz²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. benevides7204@gmail.com.

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Programa de Pós Graduação em Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. carlamad@gmail.com; patricialcaraujo@gmail.com; felipeamaral@igeo.ufrj.br.

RESUMO

Tradicionalmente os estudos sobre ritmos urbanos que analisam os padrões de uso e ocupação das pessoas nos espaços das cidades, os faziam por meio da observação in loco, o que limitava a escala espacial e temporal destes estudos. Atualmente os estudos que buscam analisar o ritmo urbano de cidades inteiras e até mesmo das redes urbanas utilizam a geoinformação para obter maior abrangência na escala de análise. O objetivo deste trabalho é estruturar um método de extração e replicabilidade dos dados das áreas de interesse da Google, que contribua para o estudo multi escalar dos ritmos urbanos. Os resultados mostraram que o método foi eficiente tanto na extração quanto na replicabilidade do dado, sendo assim, foi possível gerar gráficos sobre o ritmo de cada área de estudo. Logo, conclui-se que as áreas de interesse da Google são uma fonte de dados inovadora para os estudos de ritmo urbano no Brasil.

Palavras-chave: ritmo urbano; geoinformação; VGI; áreas de Interesse; áreas movimentadas.

ABSTRACT

Traditionally, studies on urban rhythms that analyze the patterns of use and occupation of people in city spaces did so through on-site observation, which limited the spatial and temporal scale of these studies. Currently, studies that seek to analyze the urban rhythm of entire cities and even urban networks use geoinformation to obtain greater scope in the scale of analysis. The objective of this work is to structure a method for extracting and replicating data from Google's areas of interest, which contributes to the multi-scalar study of urban rhythms. The results showed that the method was efficient in both data extraction and replicability, meaning it was possible to generate graphs about the rhythm of each study area. Therefore, it is concluded that Google's areas of interest are an innovative data source for urban rhythm studies in Brazil.

Keywords: urban rhythm; geoinformation; VGI; location of interest; busy areas.

INTRODUÇÃO

As cidades possuem movimentos e conexões que são repetidos, e acabam se estruturando em diferentes padrões temporais, atrelados aos usos e atividades específicos de certas áreas, a isso, dá-se o nome de ritmo urbano (Hägerstrand, 1970). A depender do seu tamanho, as cidades podem apresentar uma diversidade de usos, como é o caso das metrópoles, apresentando, então, ritmos mais variados.

Existem diversas pesquisas, que estudam o ritmo urbano e, tradicionalmente, em sua metodologia, os trabalhos de campo eram o único meio de levantamento de dados, observando *in situ* o deslocamento, fluxo, ocupação e densidade das pessoas no espaço. Portanto, esse método não possibilitava que se tivesse abrangência na escala de observação, logo, os estudos eram locais. Com a geoinformação, a ciência que estuda a criação, manuseio, armazenamento e utilização da informação geográfica, tornou-se possível expandir a escala, aumentando a quantidade de áreas monitoradas e a qualidade dos dados gerados.

Atualmente, existem estudos que buscam entender estes padrões rítmicos, em cidades inteiras, por meio da geoinformação (Sveda, 2020). Dentre os tipos de dados utilizados, os dados VGI (*Volunteered Geographic Information*) têm possibilitado muitas análises satisfatórias. São dados produzidos voluntariamente pelas pessoas de forma ativa ou passiva, como aponta Goodchild (2007). Esses dados podem ser gerados pelos dispositivos de GNSS, as redes sociais, a cobertura de antenas de celulares, entre outros. Esse fato permite que dados associados ao uso espacial cotidiano de indivíduos sejam coletados.

Por questões de privacidade, no Brasil, esses dados têm seu uso limitado, ou seja, existe a necessidade de que estejam agregados em grandes bancos de dados, que dificultem o acesso a essas informações, visto que, a depender da natureza dos dados, a exposição pode comprometer a integridade daquele que gerou.

Sendo assim, uma alternativa para que se possa ter estudos no Brasil, em uma escala mais abrangente, é utilizar as áreas de interesse definidas pela Google. As áreas de interesse são polígonos previamente definidos pela empresa (Figura 1B), que são monitorados continuamente, quanto à movimentação de pessoas, que, ao atingirem certo grau de aglomeração, são ativadas no aplicativo, o que possibilita visualizar gráficos em forma de histograma, que apresentam médias da movimentação de pessoas, em diferentes horários do dia e em todos os dias da semana.

Ao acessarmos as áreas de interesse, a Google apresenta, como padrão, o histograma do dia de acesso. Logo, se a área é buscada no sábado, o gráfico exposto representará este dia. Entretanto, é possível retornar ou passar para os dias seguintes, tendo gráficos de domingo a sábado. As barras representam a quantidade de ativação para cada hora do dia, das 4 horas da manhã de um dia até 3 horas da manhã do dia seguinte, configurando um monitoramento de 24 horas, nos 7 dias da semana. Sendo no formato de histograma, logo, não é possível ter acesso aos valores que as barras representam, sendo este, um objetivo (Figuras 1C e 1D). Os dados são gerados pelos receptores GNSS, presentes nos aparelhos celulares de indivíduos, que possuam conta registrada na Google, e são disponibilizados de forma agregada na lógica do *Big Data*, que são grandes bases de dados, onde informações ficam armazenadas, protegendo a privacidade dos usuários. Estes dados se encaixam na classificação de não estruturados (Vance, 2021), ou seja, demandam tratamento e organização, a fim de serem utilizados na geração de informação.

Visto que a Google produz uma base geoinformacional global, as áreas de interesse estão distribuídas pelo mundo nas regiões que a empresa tem cobertura. Dessa forma, o estudo dessa pesquisa é a cidade do Rio de Janeiro, em que foram selecionadas 10 áreas de interesse, há bairros que possuem mais de uma área, selecionamos apenas uma por bairro, que sejam subcentros e/ou se localizem em diferentes áreas da cidade, cujas características, em termos de padrões de movimentação, podem ser diferentes; são elas: Barra da Tijuca (área comercial); Botafogo (área comercial); Campo Grande (área residencial); Centro (área comercial); Jardim Guanabara (área residencial); Pavuna (área do metrô); Santa Cruz (área comercial), Taquara (área comercial), Tijuca (área comercial) e Madureira (área comercial) (Figura 1A).

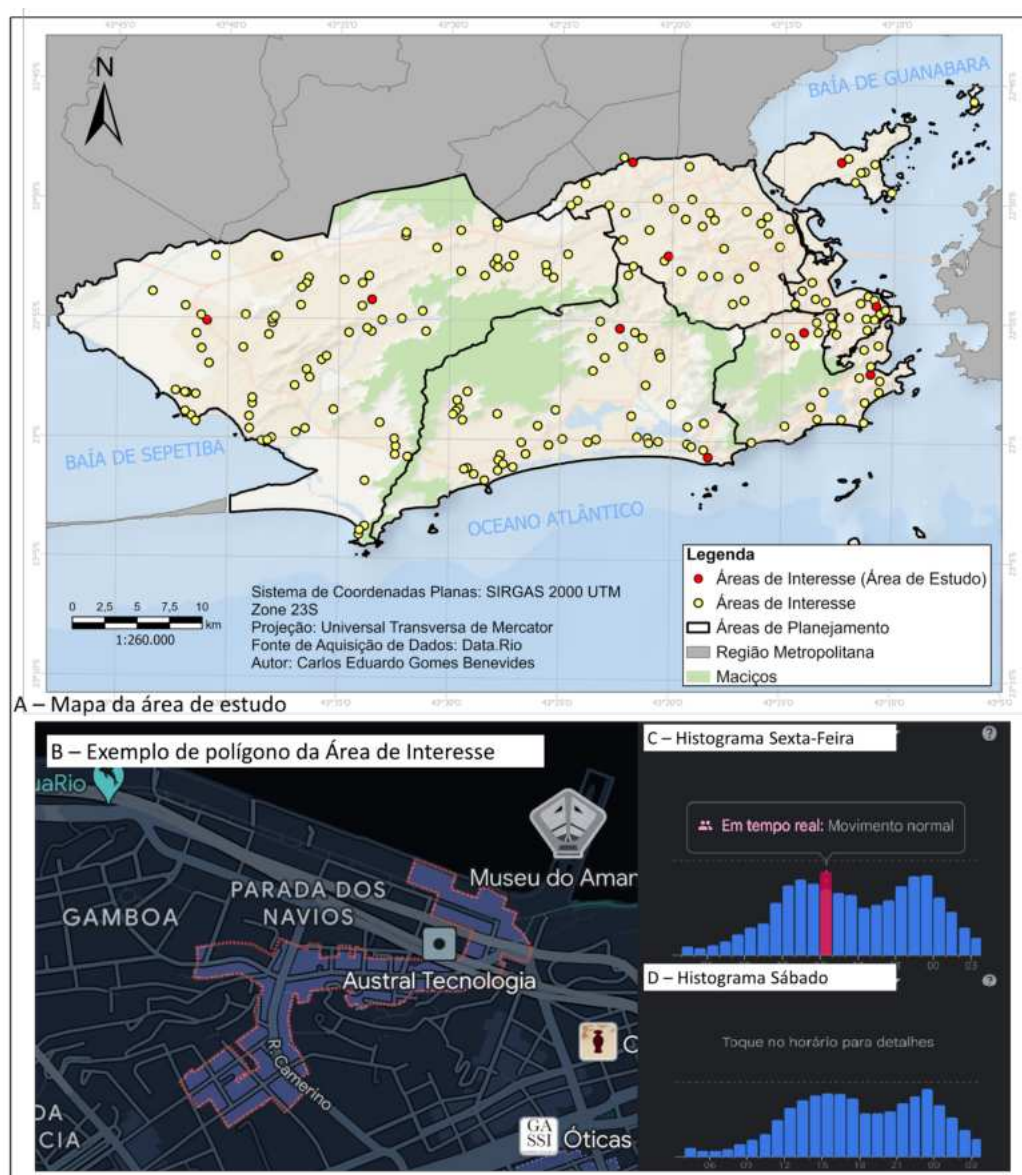


FIGURA 1 – A) Mapa das áreas de Interesse da cidade do Rio de Janeiro;
 B) Exemplo de representação de área de interesse (polígono). Elaboração própria.

Portanto, o presente trabalho tem, como objetivo geral, contribuir com um método, que possibilite a extração de valores dos histogramas das áreas de interesse, em apoio à organização dos dados não estruturados, em uma série histórica, que possibilite análises de padrões de movimentação. Para isso, foram utilizadas, para estudo de caso, as 10 áreas de interesse, citadas anteriormente. O método de extração visa ainda a replicabilidade, buscando obter quantidades massivas de dados, de forma rápida e confiável, viabilizando estudos em escalas mais abrangentes e contribuindo para o avanço da pesquisa sobre os ritmos urbanos.

METODOLOGIA

Inicialmente, foram coletados os histogramas de cada dia da semana, em todas as áreas selecionadas. Esta etapa de coleta foi realizada com *smartphone*, visto que, apesar da base estar disponível também no computador, só é possível acessar os dados, através do aplicativo Google Maps para *smartphones*. Utilizou-se captura do próprio aparelho, para salvar uma foto na galeria.

Após a coleta, os *prints* foram organizados em pastas individuais, para melhor organização, tendo, ao final, 10 pastas. Foram coletados 80 *prints* no total, sendo 7 para os dias da semana, e mais um, com o intuito de identificar cada área de interesse. Posteriormente, com o intuito de trabalhar com o sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS Pro, foi feita a conversão das imagens com extensão JPEG para TIFF, já que, a partir do GeoTIFF, podemos inserir informações na imagem, como coordenadas, utilizando um editor de imagens.

Com o diretório de *prints* organizados e as imagens convertidas para TIFF, iniciou-se a etapa atrelada ao ArcGIS Pro. Com a imagem foi inserida em um projeto, utilizou-se o recurso de georreferenciamento para simplificar a estruturação dos valores referentes a cada hora do dia e da semana, inserindo-se dois pontos iniciais (Figura 2A), definidores dos valores mínimo e máximo do eixo Y, relacionado à quantidade de aglomeração. Assim, o ponto 1 representa a origem do gráfico, estando associado às coordenadas (0,0), enquanto o ponto 2 é associado às coordenadas (0,100), definindo o limite de 100 para o eixo das ordenadas.

Com estas definições tornou-se possível fazer a extração dos valores de cada barra do histograma, visto que delimitamos uma espécie de plano cartesiano na imagem através destas coordenadas. Em sequência criamos pontos no topo de cada uma das barras, a exemplo dos pontos 3, 4, 5 e 6, para obtenção e preenchimento direto de valores da tabela de pontos que estarão sendo associados aos valores de aglomeração (entre 0 e 100) de cada hora do dia/semana (Figura 2B). As coordenadas referentes ao eixo X não foram alvo desta extração, visto que já são previamente estabelecidas.

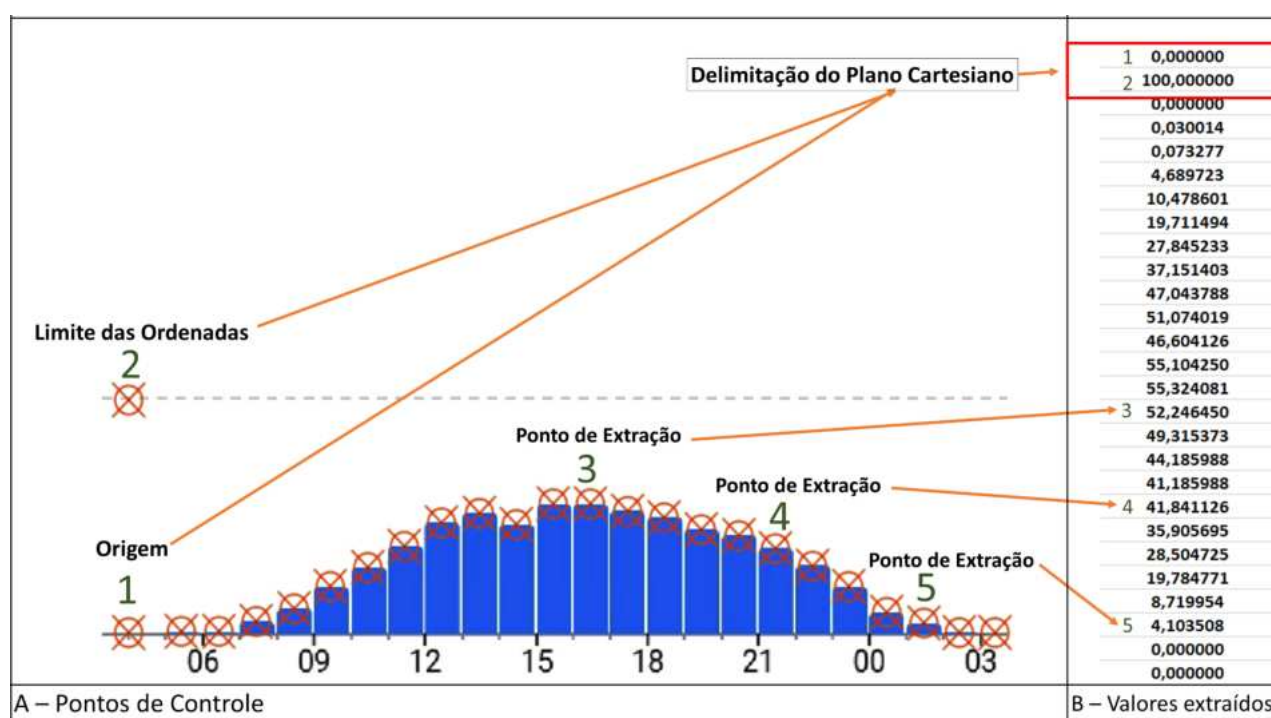


FIGURA 2 - Delimitando Origem e Ordenadas do Histograma.

A) Pontos de controle; B) Valores extraídos. Elaboração própria.

Com o preenchimento dos valores na tabela, é possível exportá-la para o formato .txt, o que retorna automaticamente todos os valores requisitados. Com isso, é feita a estruturação destes dados, em um organizador de planilhas, e a sua representação torna-se possível, em formato de gráficos contínuos (Figura 3), que facilitam a realização de análises estatísticas. No gráfico da Figura 3, o eixo Y representa o valor de ativação, que representa o nível de aglomeração do local, cujos valores, são individuais para cada área, não sendo possível, assim, compará-los entre diferentes áreas. O eixo X trata dos horários do dia, indo das 4:00 até 3:00 da manhã. Já a curva é a representação do ritmo da área de interesse.

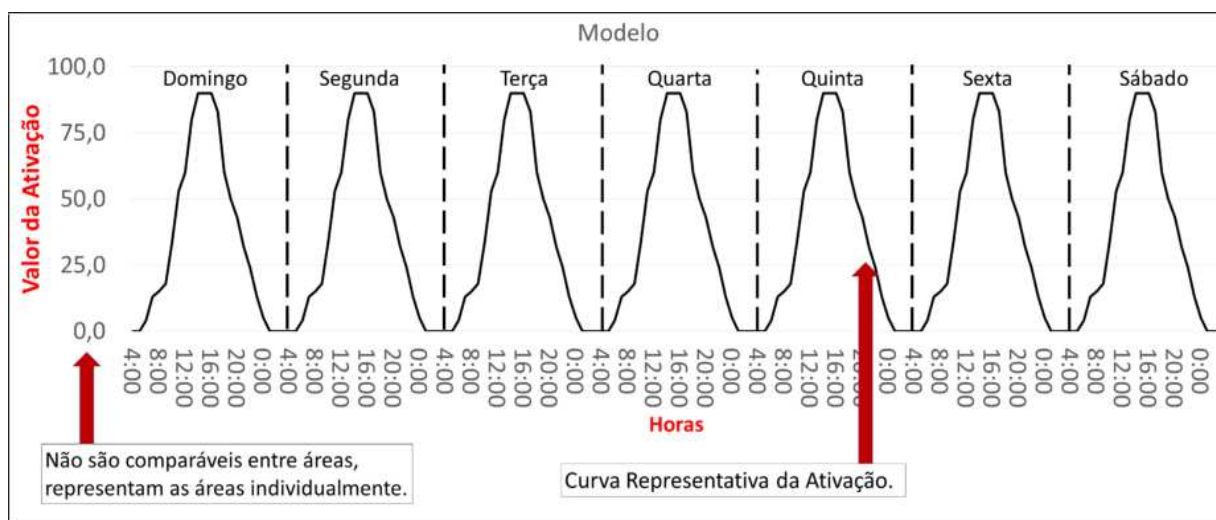


FIGURA 3 - Modelo de gráfico que se pretende obter. Elaboração própria.

RESULTADOS

Os resultados mostram que os gráficos representam justamente as curvas de movimento e ocupação dos locais em um dia, não sendo possível, informar a quantidade exata de pessoas, justamente, pela fonte dos dados ser um histograma, que representa as médias de ocupação de cada local. Entretanto, torna-se possível fazer uma análise local muito eficiente, sendo tangível, entender com mais profundidade os horários de início da aglomeração de pessoas em determinada área, a velocidade com que essa ocupação se desenvolve (traçando relações entre a curva e o eixo Y), em quais momentos temos a maior quantidade de indivíduos ocupando a área, entre o diversificado leque de informações possíveis de serem extraídos desses resultados.

Os gráficos, referentes às áreas localizadas em Santa Cruz, Taquara, Tijuca e Madureira (Figuras 4G, 4H, 4I e 4J), áreas de predominância comercial, apresentam grandes semelhanças no desenho das curvas, nos períodos de segunda a sexta-feira. Um crescimento iniciado por volta das 5 horas da manhã, que apresenta em seu pico máximo uma reversão gradativa. As curvas desenvolvem desenhos similares em sua grande maioria, tendo seu crescimento aproximadamente às 8 horas da manhã, o pico por volta da metade do dia, durando de 12 horas e às 16 horas da tarde, e uma queda que se inicia por volta das 16 horas, chegando perto de seus valores mínimos a partir das 20 horas. As áreas de interesse que mais se diferenciam são a da Pavuna, com um pico, ao início do dia, que apresenta uma queda rápida, permanecendo em baixa, e volta a sofrer elevação, próximo ao final do dia, definindo um padrão de duplo pico (bimodal) claro, e o centro, com um pico único, muito acentuado, marcado por elevação e queda muito rápidas (Figuras 4D e 4F).

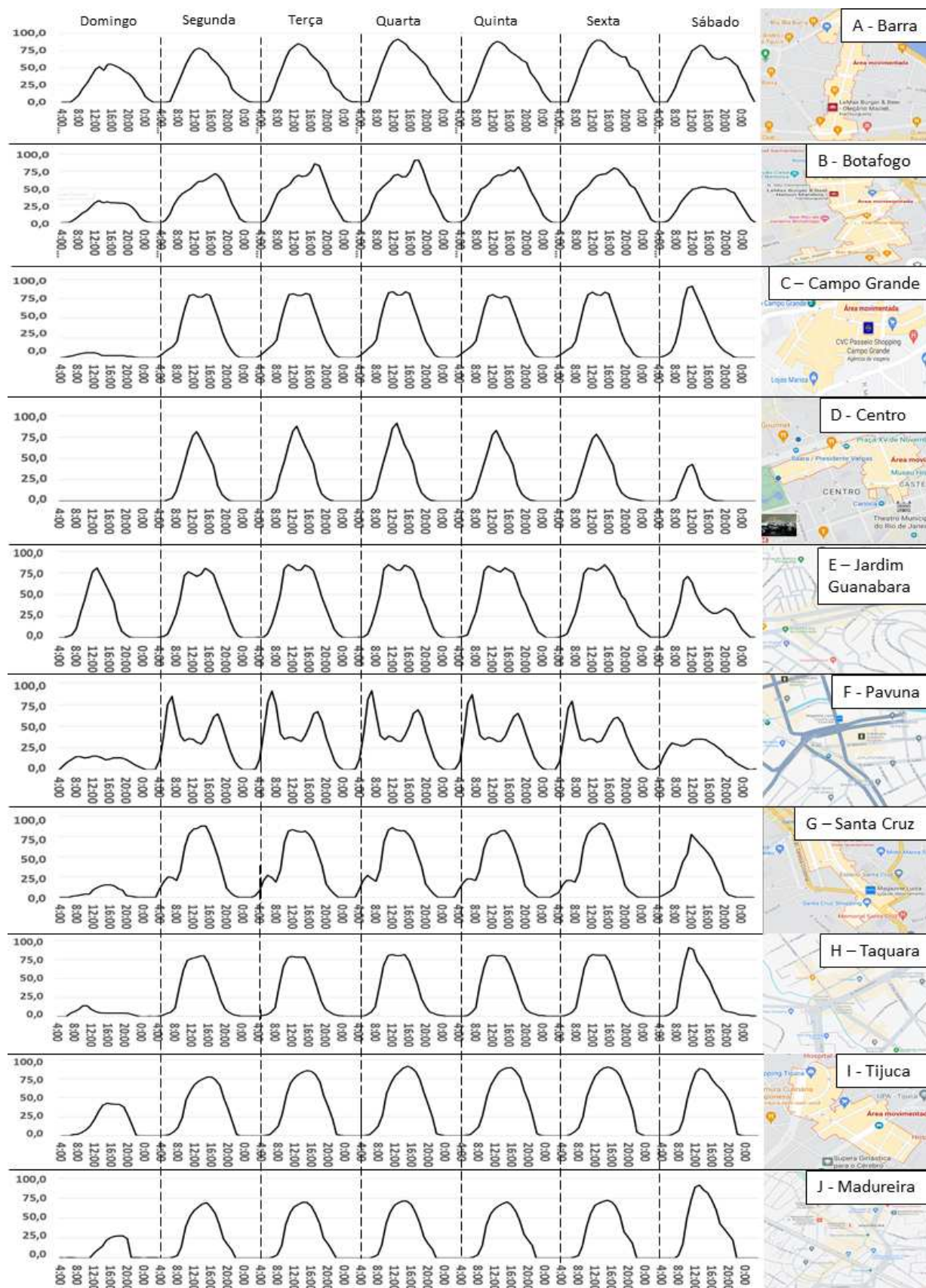


FIGURA 4 - Gráficos Ritmos. Elaboração própria.

Os gráficos das áreas localizadas em Campo Grande e Jardim Guanabara (Figuras 4C e 4E) também apresentam certa semelhança em seu desenvolvimento semanal (de segunda a sexta), o crescimento se inicia pelas 8 horas da manhã e o pico máximo, por volta das 11 horas, que apresenta uma formação que se aproxima de um duplo pico. Por fim, Botafogo e Barra da Tijuca, ambos com forte caráter comercial e próximos ao metrô (Figuras 4A e 4B), apresentam um desenvolvimento similar, porém, com seus maiores picos, por volta das 17 horas, enquanto a Barra tem picos às 12 horas.

Os gráficos, como mencionado anteriormente, apresentam um desenvolvimento muito semelhante durante os dias da semana. Entretanto, aos sábados e domingos, tem-se uma diferenciação muito grande das curvas, tanto ao relacionamos com os dias da semana (segunda a sexta) de uma mesma área, quanto ao comparamos os finais de semanas (sábado e domingo) de áreas diferentes. Os padrões rítmicos apresentam essa relação bem demarcada, ao observarmos a plotagem dos gráficos. O domingo, em todos os gráficos, apresenta padrões únicos por área, sendo difícil fazer uma relação de comparação. Nos sábados, temos certa correlação, mas ainda com muita variação, as Figuras 4G, 4H, 4I e 4J apresentam certa similaridade em sua curva; o mesmo, ocorrendo com os gráficos 4C e 4D, variando em amplitude e outras características, mas mantendo certo padrão em sua curva.

CONCLUSÃO

Com as limitações existentes na legislação brasileira, quanto ao uso de dados VGI, as áreas de interesse da Google apresentam potencial para análise muito grande, sendo uma ferramenta, quando atrelada à metodologia proposta, muito eficiente para analisar o ritmo urbano, em escalas mais abrangentes que o convencional. Uma limitação, no entanto, é a impossibilidade de definir as áreas de interesse, que são delimitadas pela própria empresa, bem como, a impossibilidade de acessar os dados, a qualquer momento, já que os mesmos só se tornam disponíveis, quando a área é ativada, ao atingir certa quantidade de aglomeração.

Em se tratando de uma análise de escala muito abrangente, a replicabilidade da metodologia deve ser assegurada, visto que, somente na cidade do Rio de Janeiro, existem aproximadamente 300 áreas de interesse. Foi possível atestar a eficácia e a replicabilidade, dado que as 10 áreas de teste tiveram seus dados extraídos de maneira muito rápida, o que torna possível ampliar o método para o restante da cidade ou, até mesmo, o estado, com facilidade.

Quanto aos valores extraídos, os histogramas disponibilizados pela Google não apresentam valor no eixo Y. Logo, não é possível quantificar indivíduos que estavam presentes na área durante o monitoramento, visto que as barras apresentam valores médios de movimentação. A extração foi feita de maneira satisfatória e, com os dados acessíveis, foi possível plotar os gráficos, com base no modelo citado anteriormente, que representassem a pulsação das áreas de interesse. A exposição desses gráficos nos permite visualizar perfeitamente as relações de aumento e diminuição de ocupação das áreas, ao longo do dia, retornando uma relação de frequência, que permite, somente por meio da visualização, entender padrões rítmicos, que acometem essas localidades.

Reforça-se que as áreas movimentadas são uma implementação muito recente, lançada pela Google, o que limita o acesso a mais informações acerca do assunto. As análises, portanto, acabam sendo limitadas, visto que existe a necessidade de estudarmos, de maneira mais aprofundada, as motivações e variáveis existentes, sem o arcabouço de bibliografias preexistentes.

Por fim, os resultados, com os gráficos anteriormente apresentados, proporcionam um leque de análises muito abrangentes, que pode contribuir muito com o entendimento de padrões de deslocamento e estadia da população, o que pode servir como ferramenta de auxílio para as autoridades, na gestão de espaços urbanos, planejamentos de segurança pública, transporte e outras ações, que podem melhorar a qualidade de vida nos centros urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, P.M.M.; AMARAL, F.G.; CRUZ, C.B.M. Geoinformação: relações e reflexões sobre elementos ontológicos. In: **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, SBC, 2014.
- GOODCHILD, M.F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, 2007.
- HÄGERSTRAND, T. What about people in regional science? **Papers of the Regional Science Association**, v. 24, n. 1, p. 6-21, 1970.
- ŠVEDA, M. *et al.* Mobile phone data in studying urban rhythms: Towards an analytical framework. **Moravian Geographical Reports**, v. 28, n. 4, p. 248-258, 2020.
- VANCE H.; MISHKA. **Digital Earth: The Impact of Geographic Technology Through the Ages**. Cuny Academic Works, 2021.



EIXO 8

Processamento e classificação de imagens de sensoriamento remoto

CAPÍTULO 74

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRAS DE MACACU-RJ

José Diego da Silva Tavares¹
Paola Nogueira da Silva¹
Victor Damasceno Pimentel Guimarães¹
Vinicius da Silva Seabra¹

1. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP). Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. josediegodasilvatavares@gmail.com; pnpaolanogueira@gmail.com; victor.dpguimaro@gmail.com; vinigeobr@yahoo.com.br.

RESUMO

Tendo em vista as drásticas mudanças climáticas e a forte presença humana no meio ambiente, são necessários os estudos dos impactos dessa presença, a fim de amenizar as consequências deixadas por essa atividade. Para isso, é preciso entender melhor a atividade humana no espaço geográfico. Nesse estudo, foi feito o mapeamento e análise de dados do uso e cobertura da terra do município de Cachoeiras de Macacu, no Rio de Janeiro, utilizando o método de Classificação Baseada em Objetos (GEOBIA). O resultado final do mapeamento foi validado através de uma amostragem estratificada, e o resultado indicou o baixo grau de urbanização do município, o que pode ser justificada pela longa distância entre a cidade e a metrópole, e uma forte presença florestal, o que traduz a importância das unidades de conservação locais e a presença significativa agropastoril, o que pode ser interpretado como a predominância da atividade agropecuária que o município exerce. O estudo reforça a importância da análise e produção de dados do espaço geográfico.

Palavras-chave: uso e cobertura da terra; Cachoeiras de Macacu; GEOBIA; geoprocessamento; atividade humana.

ABSTRACT

Considering the drastic climate changes and strong human presence in the environment, it is necessary to study the impacts of this presence, in order to mitigate the consequences left by this activity. For this purpose, a better understanding of human activity in geographical space is required. In this study, , mapping and data analysis of land use and land cover in the municipality of Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, were conducted using the Object Based Classification method (GEOBIA). The final results of mapping was validated through a stratified sampling, and the results indicated a low city urbanization rate, which can be answered by the big distance between the city and Rio metropolis, and a strong forest presence, bringing the importance of local Conservation Units, and a significant presence of agro-pastoral areas, which can be interpreted as the predominance of agricultural and livestock activities in the municipality. The study reinforces the importance of analysis and geographic space data production.

Keywords: land use and cover; Cachoeiras de Macacu; GEOBIA; geoprocessing; human activity.

INTRODUÇÃO

Muito se discute sobre os impactos causados no meio ambiente pelas atividades humanas. Portanto, entender como o homem ocupa o espaço geográfico, é fundamental nos estudos relacionados às mudanças dos elementos naturais da superfície terrestre.

De acordo com Jensen (2009), o uso da terra se refere à forma em que o homem utiliza a terra. Já o termo cobertura da terra é como os materiais biofísicos se distribuem pela superfície terrestre, considerando o aspecto das ações humanas. Sendo assim, análises voltadas para o uso e cobertura da terra é um procedimento crucial, que fornece informações valiosas sobre as pressões e impactos no meio ambiente, resultantes das atividades humanas, pois possibilita entender como as ações humanas afetam, cada vez mais, a paisagem natural, ao longo dos anos.

São notórias, tais alterações no município de Cachoeiras de Macacu (Figura 1), localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Por fazer parte da rede urbana da capital fluminense, acabou sofrendo com o avanço dos municípios populosos, ao seu redor, o que resultou num processo de crescimento da sua área urbana, a partir da década de 1940.

É importante salientar que o município comporta parte do Parque Estadual Três Picos. De acordo com o INEA, tal unidade de conservação (UC) possui o maior índice de biodiversidade do estado do Rio de Janeiro. Outra importante UC presente no território, é a APA da bacia do rio Macacu, que tem como objetivo, proteger as faixas marginais do rio Macacu e seus afluentes, visto que é o maior contribuinte da Baía de Guanabara.

Posto isso, a escolha da área se justifica, pois o município de Cachoeiras de Macacu possui uma grande biodiversidade e abrange a bacia do rio Macacu, caracterizando a importância de estudos relacionados ao monitoramento de suas terras, visto que o avanço da metrópole reflete em sua expansão urbana, além de expressiva atividade agropecuária em sua região.

Localização do município de Cachoeiras de Macacu

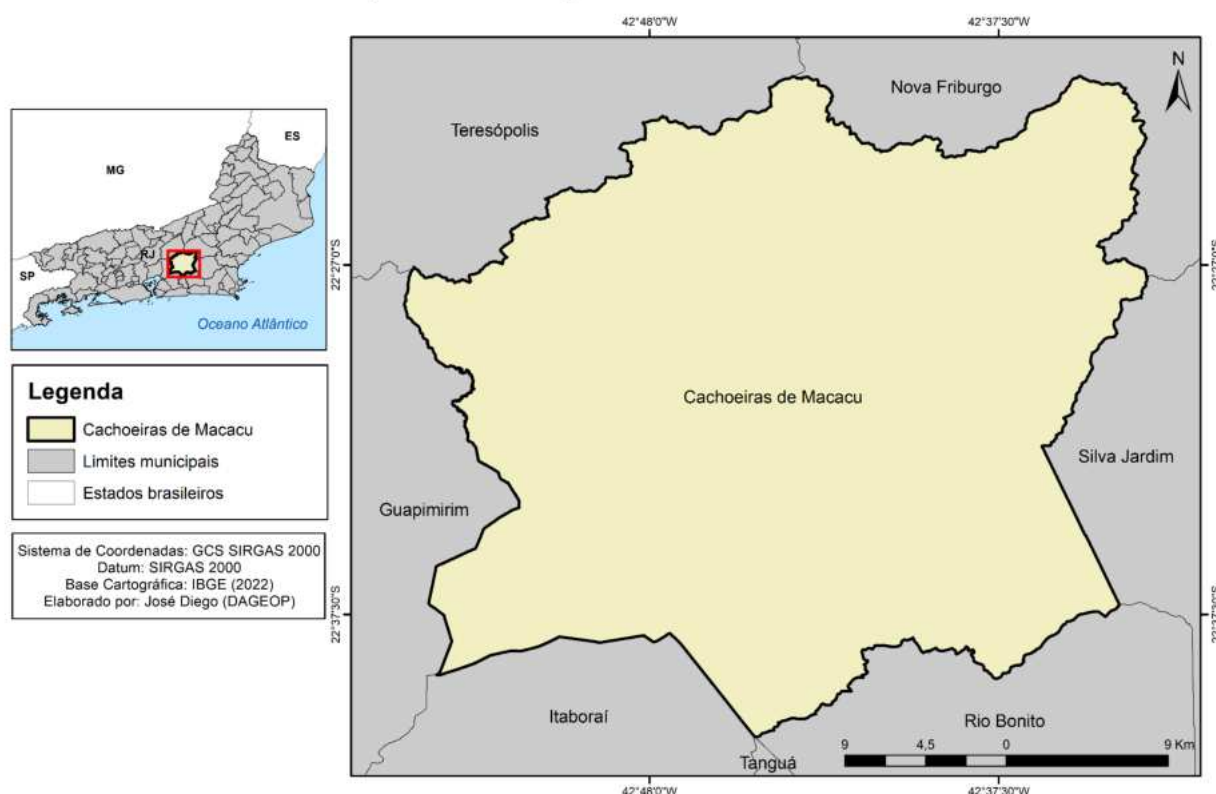


FIGURA 1 - Mapa de localização da área de estudo. Elaboração própria.

Nesse sentido, o objetivo da pesquisa é a obtenção das quantificações e a realização da análise da distribuição do uso e cobertura da terra na área do município. Visando atender o objetivo, a partir de análises espaciais, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG), foi feito o cálculo das áreas e percentuais de cada classe temática.

METODOLOGIA

Visando alcançar o objetivo proposto, fez-se uso de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. As informações utilizadas em ambiente SIG foram disponibilizadas, a partir da interpretação de imagens de satélite Sentinel 2, sensor MSI, do ano de 2022, onde se fez uso da metodologia Classificação Baseada em Objetos (GEOBIA).

A GEOBIA é uma classificação semiautomática que, por meio da modelagem do conhecimento, simula técnicas de interpretação visual, para distinguir feições, se fundamentando em padrões identificadores, como textura, cor, métrica e contexto (Cruz *et al.*, 2007).

Para o mapeamento, optou-se por imagens com a menor presença de nuvens, disponibilizadas pela Agência Espacial Europeia (ESA). Essas imagens foram adicionadas a um projeto no *software eCognition*, no qual, foram utilizadas 10 das 13 bandas espectrais do sensor, com exceção das bandas de 60 m de resolução espacial, sendo elas: B01, B09 e B10, pois não se adequam ao objetivo do mapeamento.

Em segundo momento, foi gerado um conjunto de índices radiométricos para compor o conjunto de descritores, a fim de auxiliar na classificação. Na etapa de segmentação, o melhor parâmetro de escala encontrado foi 100, com índice de forma 0,2 e compacidade 0,8. Posteriormente, foi feita a estrutura das classes temáticas do mapeamento, realizando, no mínimo, 14 amostras de cada classe. Em seguida, o trabalho passou pela modelagem do conhecimento, realizando ajustes nos modelos.

Com o intuito de contribuir para o avanço metodológico, foi feita uma avaliação do nível de acertos e confusões na classificação. Para isso, utilizamos a metodologia de validação por amostragem aleatória e estratificada, tendo como base as imagens do Google Earth Pro. Sendo assim, com uso da ferramenta *Feature To Point*, do SIG ArcGIS, foram gerados centroides para os polígonos de cada classe temática, totalizando cerca de 2.499 pontos.

Com auxílio do módulo *Geostatistical Analysis* e aplicando a ferramenta *Subset Features*, os pontos de cada classe passou por uma seleção estatística aleatória de 20%, totalizando 500 pontos. Esses pontos carregam, em seus atributos, o nome da classe a que pertencem. Eles foram adicionados ao Google Earth Pro, onde cada um foi validado. As imagens do Google Earth proporcionam a validação, conforme Lopes (2009) constata que essas imagens possuem uma maior precisão geométrica, em comparação com bases de dados utilizadas em mapeamento.

Por fim, a partir do SIG ArcGIS, realizou-se um levantamento de dados quantitativos para cada classe temática, que permitiu analisar espacialmente as informações, obtidas a partir dos dados. Segundo Fitz (2008), o SIG viabiliza coletar, armazenar, manipular, visualizar e analisar dados espaciais, que estão atrelados a um sistema de coordenadas. Portanto, as geotecnologias são ferramentas eficazes para o monitoramento da distribuição do uso e da cobertura da terra.

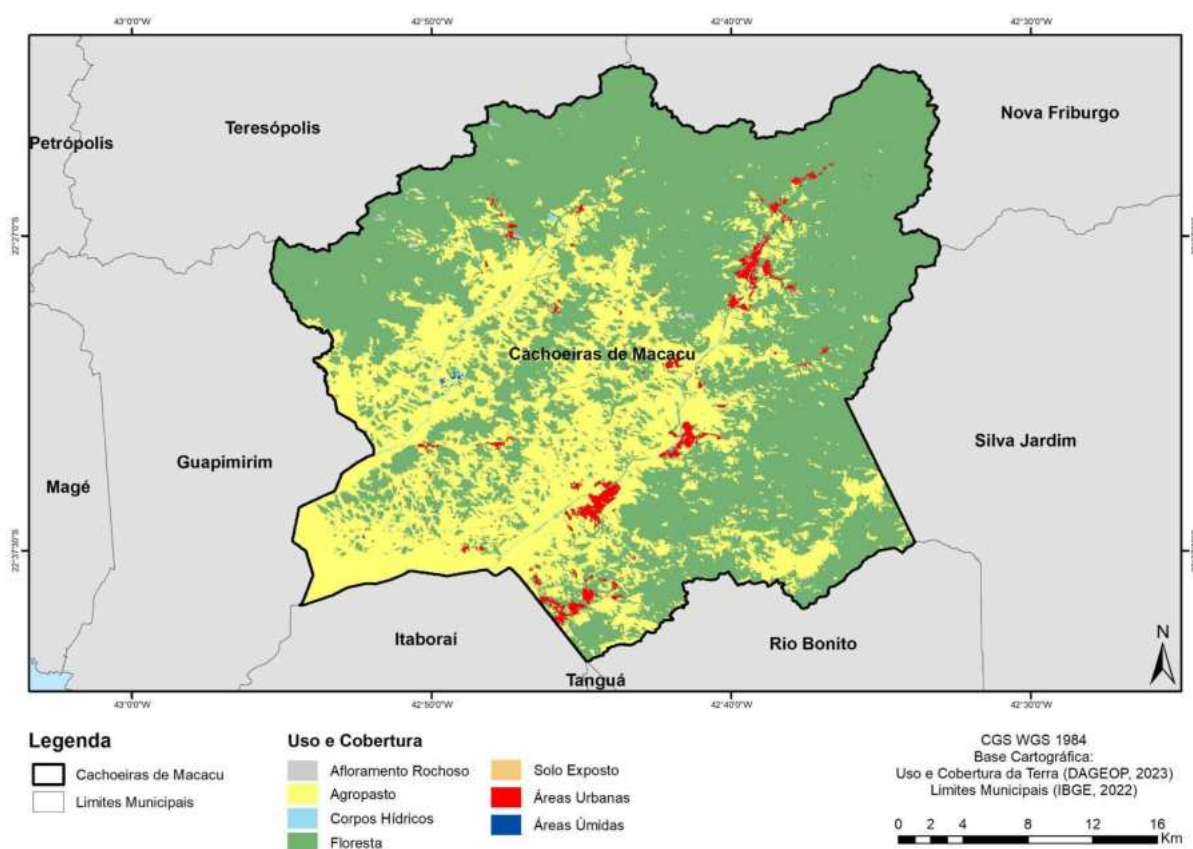
RESULTADOS

Como resultados, foram obtidos os dados quantitativos da presente área de estudo, em km², e suas respectivas porcentagens (Tabela 1). Esses dados permitem inferir que há três principais usos predominantes: Floresta (64,28%), Agropasto (33,64%), e Área Urbana (1,48%). Em seguida, o mapa temático de uso e cobertura da terra do município de Cachoeiras de Macacu (Figura 2) foi gerado, viabilizando análises espaciais, referentes a essa distribuição, em conjunto aos dados calculados acerca da área. É possível notar uma certa discrepância, no tocante à distribuição dos usos pela área do município. Por exemplo, a classe de área urbana corresponde a apenas 1,48% da área do município. Isso se deve ao fato de que Cachoeiras de Macacu é um município que não dispõe de uma população e mancha urbana tão densos e expressivos, como em boa parte dos outros municípios da Região Metropolitana, devido principalmente à distância da cidade com a capital fluminense.

TABELA 1 - Dados quantitativos do uso e cobertura da terra no município de Cachoeiras de Macacu.

Classes Temáticas	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Afloramento Rochoso	1,39	0,15
Agropasto	321,31	33,64
Áreas Úmidas	0,56	0,06
Áreas Urbanas	14,10	1,48
Corpos Hídricos	3,81	0,40
Floresta	614,06	64,28
Solo Exposto	0,04	0,00
TOTAL	955,28	100,00

Elaboração própria.

**FIGURA 2** - Mapeamento de uso e cobertura da terra. Elaboração própria.

Além disso, percebe-se uma presença marcante da cobertura florestal na área do município. Isso se justifica também pela presença e estabelecimento de UCs no município. Duas delas, merecem destaque, por serem as maiores e mais expressivas: a Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Macacu e o Parque Estadual dos Três Picos. Também é possível notar uma expressiva presença de agropastos na área do município. Isso se justifica pelo fato de que Cachoeiras de Macacu é uma cidade com um contingente populacional menor do que as demais cidades da Região Metropolitana e também se encontra distante da metrópole, o que, juntamente com outros fatores, a deixa suscetível a atividades agropastoris na região, tal como a criação de gado. As classes de afloramento rochoso (0,15%), áreas úmidas (0,06%), corpos hídricos (0,40%) e solo exposto com 0,04 km² se encontram espalhadas em pequenas porções na área. A partir da validação com o Google Earth Pro, foram assinalados os erros e acertos de cada classe temática. Essas informações foram inseridas na matriz de confusão (Tabela 2), possibilitando analisarmos as dificuldades da classificação do mapeamento.

TABELA 2 - Matriz de confusão do mapeamento de uso e cobertura.

Classes	Aflo. Rochoso	Agropasto	Áreas úmidas	Áreas Urbanas	Corpos Hídricos	Floresta	Solo Exposto	Total
Aflor. Rochoso	10	3	0	0	0	0	3	16
Agropasto	2	118	0	10	34	32	8	204
Áreas Úmidas	0	2	11	0	1	2	0	16
Áreas Urbanas	0	6	0	23	0	0	0	29
Corpos Hídricos	0	2	0	1	33	6	2	44
Floresta	0	36	7	4	9	135	0	191
Solo Exposto	0	0	0	0	0	0	1	1
Total	12	167	18	38	77	175	14	500
Comissão	83,33	70,66	61,11	60,53	42,86	77,14	7,14	100,00
Omissão	62,50	57,84	68,75	79,31	75,00	70,68	100,00	100,00

Elaboração própria.

Os dados da Tabela 2 apresentam as omissões e comissões, onde os erros de omissão representam quais classes não foram corretamente classificadas, pois ocorre uma subestimação das classes. Já os erros de comissão, são as classes que foram classificadas equivocadamente, ou seja, classes superestimadas, não pertencentes a classe em que se encontram. Sendo assim, podemos verificar que a classe agropasto apresenta maior subestimação, em relação às demais classes, enquanto que a classe floresta foi a mais comissionada. Em relação à validação, é possível afirmar que o mapeamento teve um bom desempenho, visto que alcançou um Índice de Exatidão Global de 0,66 e Índice Kappa de 0,52 (Tabela 3). O índice Kappa pode ser definido como uma medida de associação, usada para descrever e testar o grau de confiabilidade e precisão na classificação (Perroca; Gaidzinski, 2003).

TABELA 3 - Índice de qualidade Kappa.

Valor de Kappa	Qualidade
<0,0	Péssima
0,0 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muita Boa
0,80 - 100	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Diversos erros presentes na tabela ocorrem por conta da confusão entre floresta e agropasto, que através da imagem de satélite, pode possuir uma aparência semelhante, com tonalidades parecidas. Entretanto, por meio da análise manual, e da percepção da conjuntura espacial que engloba o ponto analisado, é possível avaliar se ele é realmente pertencente àquela classe, ou se foi um erro de imprecisão e/ou leitura equivocada. Outro erro comum foi a confusão entre agropasto e urbano, visto que fazendas (e outras construções destinadas à atividade agropecuária) foram confundidas com a configuração urbana. Também estavam presentes erros de imprecisão da ferramenta, já que muitos pontos se aproximavam do objeto pretendido, mas estavam fora do que se poderia considerar a classe devida.

CONCLUSÕES

A partir da produção cartográfica e do processamento dos dados, utilizando ferramentas do sensoriamento remoto e geoprocessamento, foi possível estabelecer o monitoramento da distribuição do uso e cobertura da terra no município de Cachoeiras de Macacu. Os resultados transparecem uma pequena parcela de área urbanizada, indicando uma fraca ou incipiente taxa de urbanização do município. Em contraste, há uma grande participação da cobertura florestal, o que pode ser um indicador da presença das UCs. Outro fator que foi observado: a forte presença de atividade agropastoril, o que indica uma forte atuação do setor primário econômico. Levando em conta a técnica de classificação baseada em objetos, utilizando as imagens de alta resolução do satélite Sentinel 2, foi possível entender como se distribuem os usos e coberturas no município, graças à gama de descritores que essa classificação de imagem possibilita. Além disso, após a geração dos pontos, através da ferramenta *Subset Features* do SIG ArcGIS, foi feita a validação manual dos pontos, o que indicou um índice “bom”, seguindo o índice de confiabilidade Kappa. Portanto, ambas metodologias se destacam por sua eficiência e adequação ao objetivo proposto.

Dada a alarmante emergência climática e a má administração dos recursos naturais, é crucial a elaboração de dados que disponibilizem informações espaciais para monitorar e analisar, não só a distribuição dos recursos naturais, como também o avanço da atividade humana sobre o espaço, para assim, garantir que o prejuízo ambiental seja minimizado. À vista disso, o uso do SIG gerou resultados satisfatórios, contribuindo para o monitoramento do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, 21-26 de abril de 2007. **Anais...**, Florianópolis, 2007.
- FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 23p.
- INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Macacu**. <https://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/conheca-as-unidades-de-conservacao/apa-da-bacia-do-rio-macacu/>.
- INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Parque Estadual Três Picos**. <https://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/conheca-as-unidades-de-conservacao/parque-estadual-dos-tres-picos/>
- JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. EPIPHANIO, J.C.N. et al. (trad.). 2. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2009.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. **Biometrics**, p. 363-374, 1977.
- PERROCA, M.G.; GAIDZINSKI, R.R. Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes: coeficiente Kappa. **Revista da da Escola de Enfermagem**, São Paulo, USP, 2003. <https://www.scielo.br/j/reusp/a/GjLgqxS67C4w3zzJsXxZTcw/#>

CAPÍTULO 75

ANÁLISE DA REPLICABILIDADE DO MODELO DE MAPEAMENTO DE ÁREAS VERDES INTRAURBANAS BASEADO EM MULTISENsoRESMayara do Nascimento Ramos¹Amanda Lago de Souza Lugon¹Rita Maria Cupertino Bastos²Patricia Luana Costa Araújo²Felipe Gonçalves Amaral²Carla Bernadete Madureira Cruz²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. mayara.igeo@gmail.com; amanda.lagolugon@gmail.com.

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Programa de Pós graduação de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. patricialcaraujo@gmail.co; felipeamaral@igeo.ufrj.br; ritamcuper@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

O estudo da vegetação intraurbana se tornou de suma importância, uma vez que cumpre uma função ecológica, social, estética, educativa e psicológica dentro do espaço urbano. O mapeamento desses elementos é crucial no planejamento urbano ambiental da cidade. Para isso, há necessidade de modelos classificatórios automatizados, a fim de monitorar as dinâmicas ambientais, de forma mais rápida e eficiente. O objetivo deste trabalho é replicar o modelo de mapeamento para identificação de áreas de cobertura vegetal intraurbana, elaborado por Ramos et al. (2023), nas Áreas de Planejamento 1, 2 e 3 do Município do Rio de Janeiro. O método utiliza um ortomosaico RGBNIR, com resolução espacial de 15 cm; e a Classificação Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA), usando as classes “verde” e “não verde”. O trabalho resultou numa replicabilidade satisfatória, uma vez que obteve acurácia acima de 87% e o coeficiente Kappa acima de 0,75.

Palavras-chave: GEOBIA; planejamento urbano-ambiental; sensoriamento remoto; verde urbano.

ABSTRACT

The study of intra-urban vegetation has become of paramount importance since it fulfills an ecological, social, aesthetic, educational and psychological function within the urban space. Mapping these elements is crucial for urban environmental planning. For this, there is a need for automated classification models in order to monitor environmental dynamics more quickly and efficiently. The aim of this work is to replicate the mapping model for identifying areas of intra-urban vegetation cover, developed by Ramos et al (2023), in Planning Areas 1, 2 and 3 in the municipality of Rio de Janeiro. The method uses an RGBNIR orthomosaic with a spatial resolution of 15 cm and Geographic Object Based Classification (GEOBIA) using the classes "green" and "not green". The work resulted in satisfactory replicability, since it obtained an accuracy of over 87% and a Kappa coefficient of over 0.75.

Keywords: GEOBIA; urban environmental planning; remote sensing; urban green.

INTRODUÇÃO

As áreas verdes são elementos importantes na paisagem urbana, haja vista, que são consideradas como indicadores de qualidade de vida da população (Toledo; Santos, 2008; Oliveira, 1996; Nucci, 1996). Cada vez mais, os estudos acerca do assunto têm crescido, assim como, têm se desenvolvido diferentes formas de pensar o verde urbano, com o objetivo de promover cidades mais sustentáveis. Em vista disso, o estudo da vegetação urbana, o que inclui a intraurbana, se tornou de extrema

relevância, devido à necessidade de solucionar os problemas ambientais das cidades, como os microclimas, a poluição atmosférica, a impermeabilidade e estabilidade do solo, entre outros. Por essa razão, as áreas verdes intraurbanas devem ser incluídas no planejamento urbano ambiental da cidade (Horta, 2015).

Dentro da paisagem urbana, as áreas verdes podem tomar diferentes formas, tanto no que se refere à sua estética, quanto em sua tipologia e espacialização. Nesse caso, podem estar dentro de setores públicos e/ou privados, que vão desde as reservas florestais, parques, praças, jardins até pequenos indivíduos, espaçados no espaço (Figura 1). Em vista disso, o uso das geotecnologias é fundamental para o monitoramento e gerenciamento dessas tipologias dentro do espaço urbano, uma vez que amplia a abrangência espacial e permite a análise multiescalar dos objetos espacializados.

Dessas geotecnologias, o sensoriamento remoto se tornou uma ferramenta eficaz no estudo da vegetação, devido à interação da fotossíntese com a radiação eletromagnética (Ponzoni *et al.*, 2015), que permite a identificação e mapeamento da vegetação intraurbana. Esse tipo de metodologia é fundamental para a gestão das áreas verdes intraurbanas da cidade, uma vez que possibilita o diagnóstico do espaço urbano em grande escala (Ramos *et al.*, 2023). A partir disso, Ramos *et al.* (2023) elaborou um modelo de mapeamento para identificação de áreas de cobertura vegetal intraurbana, aplicado à Região Administrativa do Méier (RA Méier) do município do Rio de Janeiro, cujo propósito, consistiu em identificar sistemas verdes intraurbanos, a partir de dados de um ortofotomosaico RGBNIR, com resolução espacial de 15 cm. O método aplicado foi o da Classificação Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA), utilizando as classes “verde” e “não verde”, além de três parâmetros para modelar as classes: a média do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), do brilho e da banda do azul. Ademais, obteve acurácia de 96% e o coeficiente Kappa de 0,91, o qual, pela classificação de concordância, se encontra em Concordância Perfeita.



FIGURA 1 - Exemplos de tipologias de áreas verdes urbanas: (a) naturalizado, (b) áreas industriais, (c) privadas e (d) público. Elaboração própria.

A partir do modelo (Ramos *et al.*, 2023) foi possível identificar objetos de, no mínimo, 15 cm de resolução, isto é, indivíduos arbóreos até mesmo gramíneas. Assim, nesta pesquisa foram consideradas como áreas verdes intraurbanas, o verde presente na cidade, compreendendo áreas públicas e privadas, independentemente do tipo de uso e cobertura (residencial, comercial, industrial, lazer), ou seja, toda área verde que é possível enxergar na escala espacial utilizada. Como resultado, os dados trabalhados requerem uma capacidade de processamento e armazenamento expressivo, tornando inviável sua aplicação direta em toda a extensão do município do Rio de Janeiro. Em vista disso, há uma necessidade de dividir a área de estudo em pequenas partes, a fim de otimizar o processamento dos dados. No entanto, como o modelo foi aplicado apenas em uma área de teste, é crucial avaliar a replicabilidade da metodologia para determinar se ela produzirá resultados semelhantes nas demais áreas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é utilizar o modelo da RA Méier nas demais áreas do município do Rio de Janeiro e avaliar o seu potencial de replicabilidade, tendo em vista, o resultado satisfatório obtido na etapa anterior. Ademais, foram analisados também os erros encontrados, a fim entender como o modelo se comportou em cada área, visando otimizar o método, para que possa ser elaborado um mapa final das áreas verdes intraurbanas do município do Rio de Janeiro. Nesse momento, a replicabilidade se concentra somente nas Áreas de Planejamento 1, 2 e 3 (AP 123), o qual se encontra na Zona Central, Zona Sul e Zona Norte do município (Figura 2).

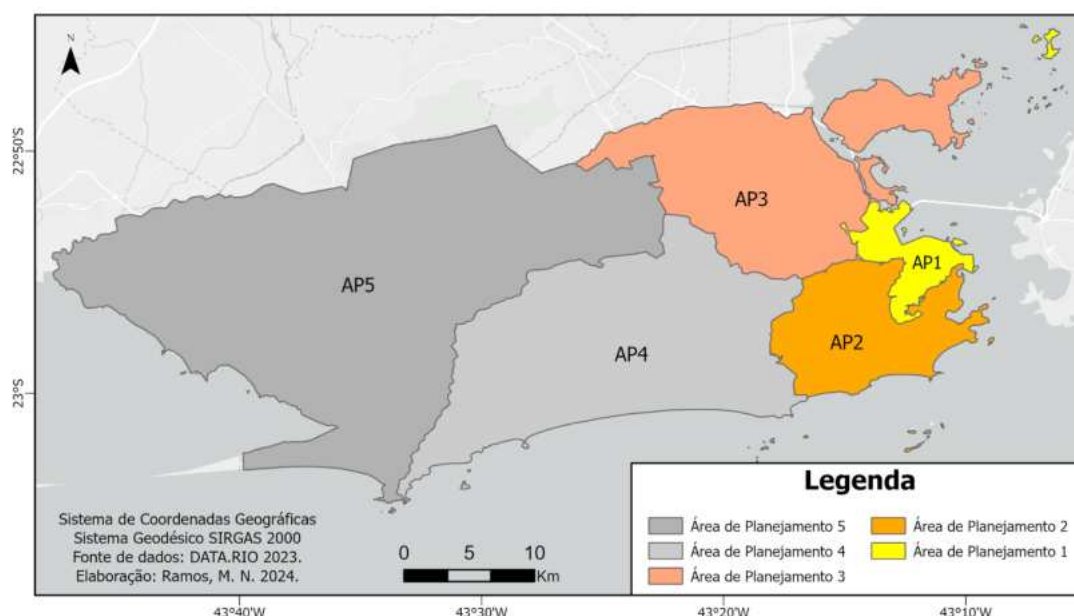


FIGURA 2 - Mapa de Localização das Áreas de Planejamento da cidade do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada se constitui em quatro etapas: (1) organização dos dados brutos, (2) replicação do modelo de classificação das áreas verdes (RAMOS *et al.*, 2023), (3) validação e (4) análise dos falsos positivos encontrados (Figura 3).

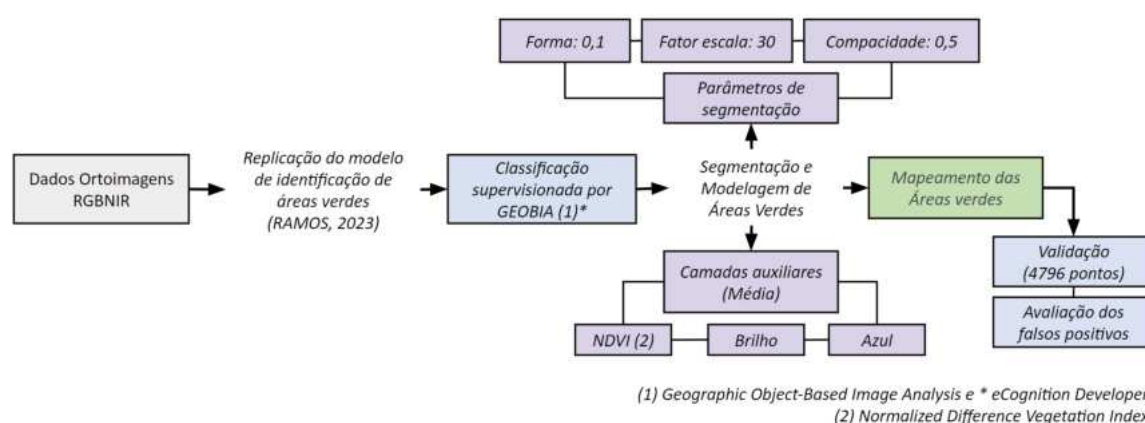


FIGURA 3 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

A primeira etapa consistiu na organização e processamento dos dados. Assim, usou-se um ortofotomosaico, com resolução espacial de 15 cm, com quatro bandas espectrais, indo do visível ao infravermelho próximo, datado de fevereiro de 2019 e disponibilizado pelo Instituto Pereira Passos. Nesta etapa foi realizada a mosaicagem da área de estudo, a qual, devido à extensão territorial e à escala espacial utilizada, foi dividida em 11 mosaicos. Os mesmos foram alocados, segundo a proximidade entre as Regiões Administrativas (RA), dentro de cada Área de Planejamento (AP). A título de organização, os mosaicos com mais de uma RA foram nomeados pelo primeiro bairro, sendo assim: Centro, Ilha de Paquetá, Méier, Madureira, Ilha do Governador, Botafogo (Botafogo, Copacabana, Lagoa e Rocinha), Tijuca (Tijuca e Vila Isabel), Irajá (Irajá e Vigário Geral), Ramos (Ramos, Maré e Penha), Inhaúma (Inhaúma, Complexo do Alemão e Jacarezinho), e Anchieta (Anchieta e Pavuna). Essa etapa foi realizada, por meio do SIG ArcGIS Pro.

Na segunda fase, foi aplicado o método na área de estudo, assim, a segmentação e a classificação foram elaboradas por meio do *software Ecognition Developer*. O modelo adota três descritores, a fim de auxiliar no reconhecimento dos padrões das classes, que são: a média do NDVI, do brilho e do Azul. O uso do NDVI possibilitou entender o comportamento espectral da vegetação no espaço intraurbano, no entanto, foi preciso utilizar os outros descritores, devido à presença de áreas não verdes, com características espectrais semelhantes, como sombras e objetos azuis. Para melhor diferenciar entre esses objetos, aplicou-se a média de brilho, para eliminar confusões entre sombras e vegetação; e a média da banda azul, para evitar confusões entre objetos azuis, como lonas, com a classe verde. Assim, os parâmetros utilizados na classe “verde” foram a média do NDVI > 0,25, brilho > 41,5 e da banda azul < 65, já para a classe “não verde”, foi utilizada a média do NDVI < 0,25, brilho < 41,5 e banda do azul > 65 (Ramos *et al.*, 2023).

A partir disso, para analisar a assertividade do modelo, foram gerados pontos aleatórios sobre cada mosaico, totalizando 4.796 pontos; e a quantidade de pontos foi estabelecida, com base na área total de cada mosaico. Para a verificação dos pontos, foi estabelecido o critério de contexto espacial, ou seja, se um ponto estivesse na sombra de uma copa de árvore (num contexto de fragmento verde), como é o caso de parques ou floresta, o mesmo foi considerado como verde (Figura 4). Após essa etapa, a acurácia dos mosaicos foi analisada e o índice kappa calculado. Por fim, foram analisados todos os falsos positivos encontrados, a fim de entender como o modelo se comportou em cada mosaico, sendo estas etapas, realizadas no SIG ArcGIS Pro.

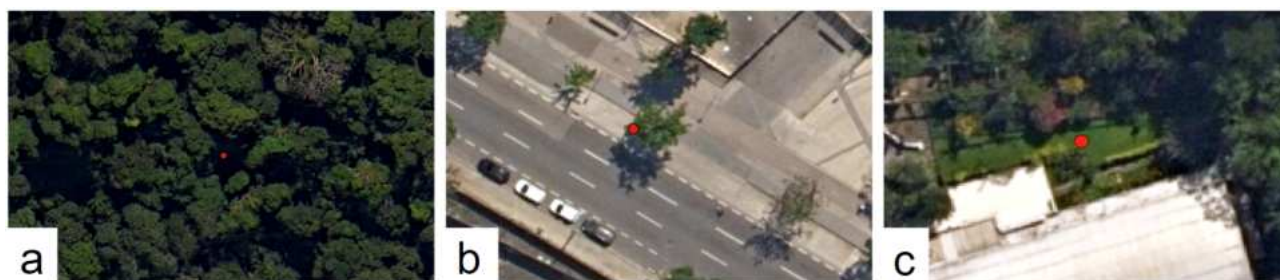


FIGURA 4 - Exemplo dos pontos utilizados na validação: (a) contexto espacial, (b e c) vegetação.

Elaboração própria.

RESULTADOS

A replicação do mapeamento de identificação de áreas de cobertura vegetal intraurbana resultou no mapa temático da Figura 5. A área de planejamento 1, 2 e 3 possuem respectivamente cerca de 54,2 km², 146,4 Km² e 289,25 km² de extensão. O modelo permitiu observar que as áreas verdes representam respectivamente 21%, 39,7% e 15,31%.

Para verificar a assertividade do modelo, foi gerada a matriz de confusão de cada mosaico (Tabela 1). Nessa matriz, o erro de omissão indica a probabilidade de uma unidade amostral estar corretamente classificada, já o erro de comissão, indica o quanto uma amostra é indevidamente designada como parte de uma categoria, que é diferente daquela, a que realmente pertence (Piroli, 2010, p. 42). Ambos concentram-se no mesmo problema, porém, a omissão diz respeito à definição imperfeita da categoria, enquanto que a comissão, trata de uma delimitação excessiva da mesma (Ferreira *et al.*, 2007). A exatidão global indica a porcentagem de assertividade do mapeamento. E isto é de extrema importância, uma vez que, quanto maior a exatidão global, possivelmente, menor será a demanda de correção manual. Já o índice Kappa, estima a probabilidade de concordância entre os dados de referência e os resultantes da classificação realizada.

Tendo isto em vista, pode-se dizer que os mosaicos obtiveram resultados satisfatórios, com exatidão global acima de 91% e índice Kappa acima de 0,82, o qual, pela classificação de concordância do índice Kappa, se encontram em Concordância Excelente (Landis; Koch, 1997). Com exceção do

mosaico da Ilha de Paquetá, que obteve exatidão global de 87,5% e índice Kappa de 0,75. Já para a porcentagem de omissão e comissão, quase todos os mosaicos tiveram valores baixos em cada classe, exceto em Paquetá, Tijuca e Anchieta.

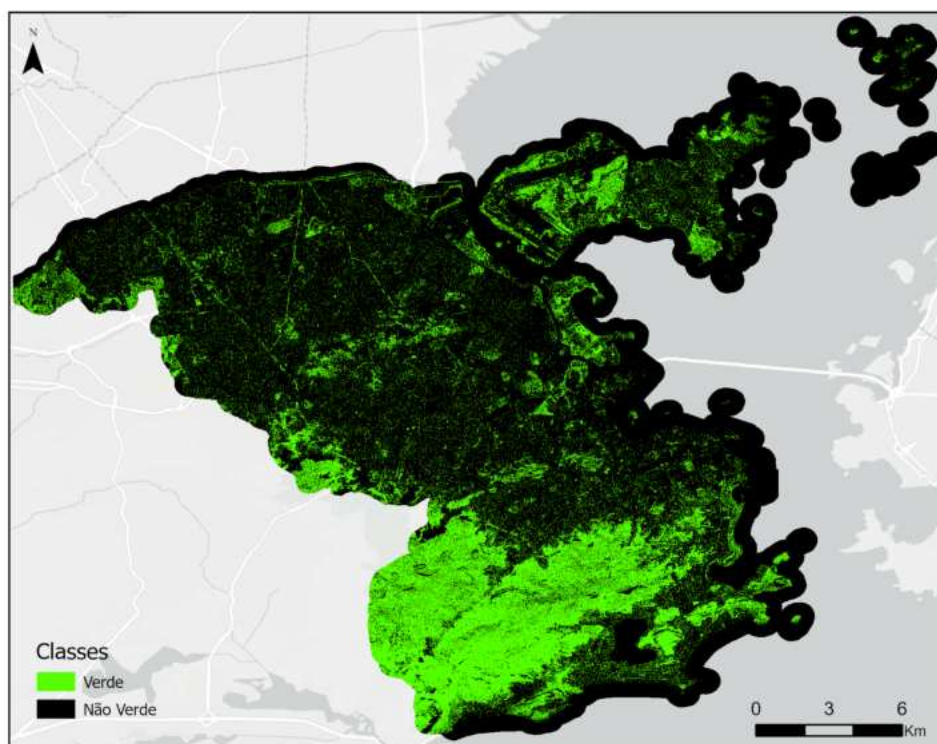


FIGURA 5 - Classificação das áreas verdes da área de planejamento 1, 2 e 3 do município do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

Ao analisar os mosaicos individualmente, a fim de entender como o modelo se comportou em cada RA, pode-se constatar que a razão dos falsos positivos encontrados, deveu-se ao brilho e ao contraste das imagens serem distintas em cada mosaico. Vale lembrar que as cenas utilizadas para a mosaicagem foram capturadas em momentos distintos do dia, e isso, influencia diretamente no grau de iluminação e contraste dispostos em cada imagem.

Os mosaicos em áreas de ilha ou com proximidade a grandes corpos d'água, como é o caso do mosaico da Ilha de Paquetá, Ilha do Governador e em parte de Botafogo, apresentaram brilho elevado. E isto afetou diretamente nos resultados obtidos. Exemplo disso é a Ilha de Paquetá, como demonstrado na Figura 6a, em que se pode constatar que somente as partes mais escuras dos fragmentos verdes foram classificadas e isto, deve-se às imagens dos mosaicos estarem com o brilho bem mais realçado, do que o brilho do modelo original (RA Méier). Em contrapartida, os mosaicos com contraste elevado também sofreram com erros de comissão e omissão maiores, como por exemplo o mosaico de Anchieta (Figura 6b), o que acarretou que, somente nas partes mais claras do objeto verde, houve a classificação como verde.

Além disso, observou-se também que, em áreas de vegetação densa, como é o caso da floresta da Tijuca, o sombreamento causado pela diferença de altura entre as copas gerou o efeito de verde fragmentado. Ou seja, as sombras foram classificadas como "não verdes", mesmo sendo área de vegetação densa (Figura 6c). Por fim, o mosaico de Ramos é o que obteve os melhores resultados; na Figura 6d é possível observar que o modelo conseguiu classificar todo tipo de verde, sem distinção do uso, ou seja, identificou árvores, arbustos e gramíneas, tanto no setor público nas praças e acompanhando as vias, quanto o privado nas residências.

TABELA 1 - Matriz de confusão dos mosaicos.

Área de Planejamento	Mosaico	Classes	Comissão	Omissão	Exatidão	Kappa
1. Centro	Centro	Verde	3,16%	6,13%	95,26%	0,90
		Não Verde	6,32%	3,27%		
	Ilha de Paquetá	Verde	17,86%	8,00%	87,50%	0,75
		Não Verde	7,14%	16,13%		
2. Zona Sul	Botafogo	Verde	3,18%	3,46%	96,68%	0,93
		Não Verde	3,46%	3,18%		
	Tijuca	Verde	0,73%	14,50%	91,22%	0,82
		Não Verde	16,83%	0,87%		
3. Zona Norte	Méier	Verde	11,00%	0,00%	96%	0,91
		Não Verde	0,00%	6,00%		
	Irajá	Verde	3,76%	3,76%	96,24%	0,92
		Não Verde	3,76%	3,76%		
	Madureira	Verde	0,86%	5,33%	94,09%	0,92
		Não Verde	5,58%	0,90%		
	Ramos	Verde	2,92%	3,32%	96,88%	0,93
		Não Verde	3,33%	2,93%		
	Inhaúma	Verde	3,65%	2,94%	92,48%	0,92
		Não Verde	2,92%	3,62%		
	Anchieta	Verde	0,45%	9,35%	94,64%	0,89
		Não Verde	10,27%	0,50%		
	Ilha do Governador	Verde	8,20%	6,04%	92,95%	0,85
		Não Verde	5,90%	8,01%		

Elaboração própria.

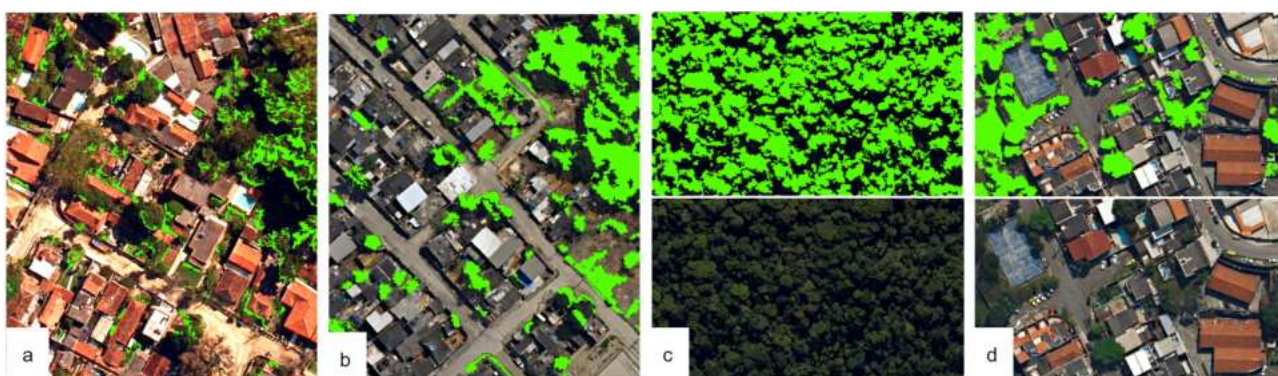


FIGURA 6 - Exemplo dos mosaicos: (a) Ilha de Paquetá - brilho, (b) Pavuna - sombra, (c) Tijuca - sombreamento causado pela copas das árvores e (d) Ramos - modelo com resultado mais satisfatório. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados, conclui-se que a replicabilidade do modelo nas Áreas de Planejamento 1, 2 e 3 foi satisfatória, tendo em vista, os valores obtidos na matriz de confusão dos mosaicos. O resultado do índice Kappa oscila entre 0,75 e 0,93, que, na classificação de concordância, se situa como substancial e excelente. Já a exatidão global, ficou entre 87,5% e 96,8%. Isto demonstra que a modelagem foi eficiente, mesmo sendo empregada sem nenhum tipo de adaptação prévia. Além disso, constatou-se a necessidade de ajuste no modelo, em áreas de ilha ou com proximidade a grandes corpos d'água, uma vez que os níveis de brilho e contraste das imagens nesses locais tendem a ser muito distintos do modelo base (RA Méier). Isto afeta os resultados obtidos, uma vez que o método foi criado em condições de iluminação e contraste distintos.

Identificou-se também que, para o mapeamento final, será preciso estabelecer um critério de localidade em áreas e/ou correção manual, onde a vegetação é mais densa, visto que a diferença de altura entre copas das árvores ocasiona o sombreamento de áreas verdes. Como a média do brilho é um dos limiares do modelo, essas áreas são classificadas como não verdes. Por isso, será necessário uma medida para evitar a fragmentação do verde nessas áreas.

Por fim, obter esses valores em um produto com escala espacial final de 15 cm é de extrema relevância para o planejamento e o gerenciamento da cidade. Isso permite mapear, desde grandes manchas verdes, como florestas e parques, até pequenos elementos, como árvores isoladas, arbustos e gramíneas, tanto em áreas públicas quanto privadas. Vale destacar que esse tipo de mapeamento é inédito, pois não existe nenhum mapeamento disponível que trabalhe com dados nessa escala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, E.; DANTAS, A.A.A.; MORAIS, A.R. Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras, MG. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2007, Florianópolis. Anais eletrônicos. São José dos Campos, INPE, 2007.
- HORTA, I.T.L.G. **O uso de geotecnologias para mapeamento de áreas verdes urbanas e análise da percepção ambiental no município de São Paulo**. 2015. 60 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. **Biometrics**, v. 33, p. 363-374, 1977.
- NUCCI, J.C. **Qualidade Ambiental e Adensamento: um estudo de planejamento da paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP)**. 1996. Tese (Doutorado). São Paulo-SP. USP, 1996.
- OLIVEIRA, C.H. Planejamento Ambiental na Cidade de São Carlos – SP com ênfase nas Áreas Verdes: diagnóstico e proposta. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - UFSCar, São Carlos, 1996.
- PIROLI, E.L. **Disciplina de geoprocessamento: práticas em Idrisi – versão Taiga**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 56p.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de Textos, São José dos Campos, 2015.
- RAMOS, M. N.; MACHADO, G. F. S.; OLIVEIRA, B. A. G.; LUGON, A. L. S.; BASTOS, R. M. C.; AMARAL, F. G. ARAÚJO, P. L. C.; CRUZ, C. B. M. Modelagem de áreas de cobertura vegetal intraurbanas: uma proposta metodológica com base em multisensores. In: ANAIS DO XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos ...** São José dos Campos, INPE, 2023.
- TAVARES, A.C.A. **Identificação de áreas verdes urbanas no município do Rio de Janeiro utilizando modelos de mistura espectral**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- TOLEDO, F.S.; SANTOS, D.G. Espaços livres de construção. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 73-91, mar. 2008.

CAPÍTULO 76

ANÁLISE DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE ESPINHO, AVEIRO, PORTUGAL

Evandro da Silva Guimarães Rodrigues²

André da Silva de Jesus¹

Filipa Manuela Santos Franco¹

José Francisco Azevedo Cabral¹

Maria Manuel Serra Cruz Martins¹

1. Faculdade de Letras da Universidade do Porto - FLUP. Via Panorâmica, s/n, 4150-564, Porto, Portugal.

2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Instituto de Geografia. R. São Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20550-013.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a temperatura superficial do Município de Espinho. Para tal, foram empregadas técnicas de sensoriamento remoto, a fim de estimar a temperatura dos alvos, a partir da banda infravermelho termal (10) do Landsat 8. A imagem utilizada foi adquirida através do portal do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e, posteriormente, processadas no ArcGIS. Os cálculos de transformação basearam-se na conversão do nível de cinza para radiância e, posteriormente, para temperatura. Juntamente com a análise dessas cartas climática, foi analisado o uso e cobertura do solo. Observou-se uma relação direta entre o uso e cobertura do solo com a temperatura superficial, onde as interferências antrópicas descaracterizam as dinâmicas naturais do balanço energético em áreas urbanas.

Palavras-chave: temperatura superficial; uso e cobertura do solo; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyse the surface temperature of the municipality of Espinho. To this end, remote sensing techniques were used to estimate the temperature of targets from the thermal infrared band (10) of Landsat-8. The image used was acquired from the United States Geological Survey (USGS) portal and then processed in ArcGIS. The transformation calculations were based on converting the grey level to radiance and then to temperature. Together with the analysis of these climate maps, land use and land cover were analysed. A direct relationship was observed between land use and land cover and surface temperature, where anthropogenic interference de-characterises the natural dynamics of the energy balance in urban areas.

Keywords: surface temperature; land cover; remote sensing.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto tem sido cada vez mais empregado em pesquisas de diversas naturezas, em razão do fácil acesso a imagens de sensores orbitais (Coelho, 2010). Uma das aplicações, que vem sendo explorada, é a utilização das bandas do infravermelho termal para determinar a temperatura superficial dos alvos, através da transformação dos níveis de cinza em temperatura (Nascimento, 2010).

Existem diversos estudos aplicados à análise de temperatura superficial e identificação de ilhas de calor, por meio do sensoriamento remoto. Nascimento (2010), Coelho (2013), Pinheiro e Laranjeira (2013), Streutker (2002) e outros diversos autores já trabalharam na utilização das bandas termais de sensores remotos para inferir a temperatura superficial. Método semelhante também foi utilizado, como suporte para a caracterização e o diagnóstico do Plano Diretor Municipal do Porto (DMU, 2018).

O município de Espinho, em específico, a sua área urbana, apresenta, ao longo do ano e dentro de seus limites, uma variedade de temperaturas e contrastes térmicos locais. O município encontra-se ao norte do Aveiro, fazendo parte da Região Metropolitana do Porto; um concelho litorâneo, que recebe forte influência de massas de ar úmidas, vindas do Atlântico, que podem ter a entrada na península ibérica facilitada, ou não, devido ao aparelho barométrico dos Açores (DMU, 2018).

Trata-se de um município, cuja área urbana, é fortemente artificializada e com diversos usos, que podem refletir, de diferentes maneiras, na temperatura local. Sendo esses usos: habitacional, comercial, industrial e lazer. As áreas artificializadas vão diminuindo, de forma gradual, à medida que nos afastamos da área urbana de Espinho, dando lugar a outros tipos de uso e cobertura do solo, como vegetação, pastagem e agricultura e superfícies d'água.

As anomalias climáticas podem ser também condicionadas pelas características dos edifícios, na forma das paredes, dos telhados e do revestimento. Estes, se comportam tendo elevadas condutividades, capacidades térmicas e capacidades de refletir (ou manter) o calor (Douglas, 1983).

As condições de temperatura, umidade e qualidade do ar são condicionantes do conforto térmico, e as alterações dessas condições podem causar graves consequências à saúde (Monteiro, 2001). Portanto, essas anomalias têm o potencial de atingir a população mais vulnerável ao *stress* climático, os idosos e as crianças. Visto que, na cidade, há muitas áreas com edifícios com necessidades de reparação (INE, 2022), essa população fica mais exposta ainda ao *stress* climático.

Portanto, o objetivo desse trabalho é analisar a temperatura superficial do município de Espinho, evidenciando a relação entre o uso e cobertura do solo e outros fatores, que podem condicionar a temperatura. Será empregado o sensoriamento remoto para o processamento de imagens de sensores. As imagens foram adquiridas do *United States Geological Service* (USGS) e foram processadas através da *calculadora raster* do ArcGIS. As cartas confeccionadas foram analisadas junto a outras informações do município, a fim de aferir a relação com a temperatura superficial.

METODOLOGIA

Em termos metodológicos, este trabalho deu-se no âmbito da confecção das cartas de temperatura de superfície, para posteriores análises com outros dados sobre o município. Com relação à confecção das cartas climáticas, foram obtidas imagens do sensor TIRS do Landsat 8, em específico, a banda 10 (que trata as faixas do infravermelho termal), via portal do USGS. As imagens foram obtidas na Órbita 204 e ponto 032.

Foram adquiridas diversas imagens, em meses diferentes, em que a nebulosidade não afetasse a área de estudo. Apesar de terem sido adquiridas diversas imagens, de anos de 2020 e 2023, a imagem escolhida para análise nesse trabalho foi a do verão de 2023 (18/07/2023). Após a aquisição, as imagens foram recortadas nos limites do concelho e, em seguida, aplicadas os cálculos descritos por Coelho e Correa (2013). Segundo os autores, o cálculo baseia-se nos parâmetros de conversão, fornecidos pelo USGS, em que, primeiramente, os níveis de cinza são convertidos em radiância, em seguida, há a conversão para temperatura Kelvin e, por último, subtrai-se o valor absoluto (273,5) para conversão a temperatura em Celsius.

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \quad (\text{eq. 1})$$

TABELA 1 - Conversão dos níveis de cinza em radiância.

Lλ	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/ m2 sr μm
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
Qcal	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Fonte: Coelho e Correa (2013).

$$T = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{k_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (\text{eq. 2})$$

TABELA 2 - Conversão de radiância para temperatura Kelvin.

T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
K2	Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)
K1	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
Lλ	Radiância espectral em Watts/(m2 sr μm)

Fonte: Coelho e Correa (2013).

Lembrando que, após a conversão para temperatura Kelvin, cabe ainda converter para graus Celsius, subtraindo o valor absoluto de 273,15.

A partir desses cálculos, é obtida a expressão para inserir na *calculadora raster* do ArcGIS:

$$TC = (1321.08 / \ln(774.89 / (3.3420E-04 * \text{"banda10.tif"} + 0.10000) + 1)) - 273.15$$

RESULTADOS

A carta térmica de verão da área urbana de Espinho (Figura 1) apresenta uma heterogeneidade de valores, sendo o mais representante na área urbana, a classe de 32-33 graus. Essas áreas são as que mais apresentam construções antrópicas, que modificam as dinâmicas naturais do balanço energético, sendo apontadas como as principais causas das ilhas de calor urbano (Sailor e Lu, 2004). Nessas áreas artificializadas, observadas no mapa de uso e cobertura do solo (Figura 2), o tipo de material utilizado na construção, no revestimento e na pavimentação das cidades são os maiores implicadores da alteração do balanço energético, em razão do baixo albedo desses materiais (Lopes, 2008).

Para além do uso do solo, as atividades antrópicas diurnas e a circulação de veículos são fatores que influenciam no balanço energético local e, assim, aumentam a temperatura (Monteiro, 2001).

Ao observar as áreas de mais alta temperatura no Espinho, isto é, ao sul da área urbana, nota-se que a temperatura superficial máxima chega até aos 35 graus. Isso pode ser justificado porque, de acordo com o Direção-Geral do Território, nos dados de tipo de ocupação do solo (DGT, 2018), esta é uma área com presença de indústrias. Lopes (2008) também ressalta que há um incremento no balanço energético, por conta da emissão dos edifícios, a circulação de veículos e as atividades antrópicas.

Apesar das altas temperaturas na área urbana, identificam-se ainda alguns núcleos de temperatura mais baixa do que a predominante. Ao limite da área urbana, nota-se uma extensa faixa com temperatura entre 30 e 31 graus, na direção Leste-Oeste. Esta faixa com temperatura inferior tem maior presença de vegetação e há um córrego. A evapotranspiração e ausência de áreas impermeáveis contribuem para menor temperatura (Lopes, 2008). O albedo aparece nessa área como mais um fator importante, uma vez que há a presença de um cemitério nessa área, onde as construções são majoritariamente em cores claras, o que aumenta a taxa de reflexividade.

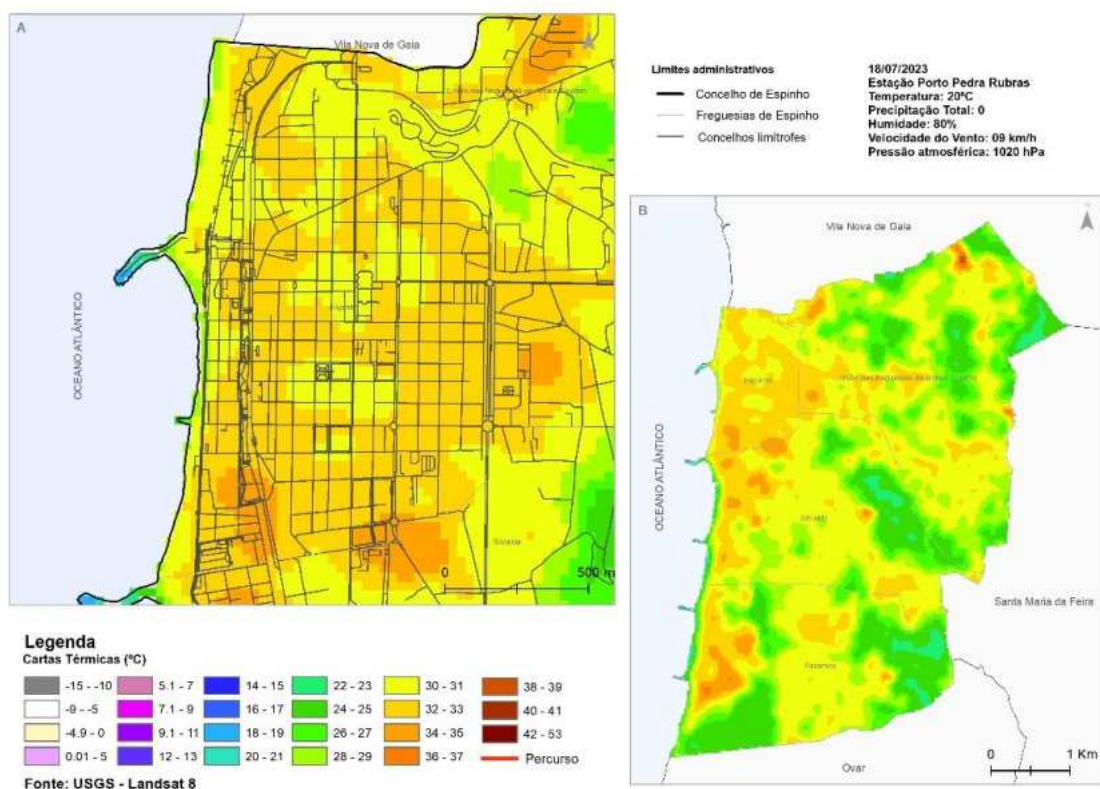


FIGURA 1 - Mapa de temperatura superficial de Espinho. Elaboração própria.

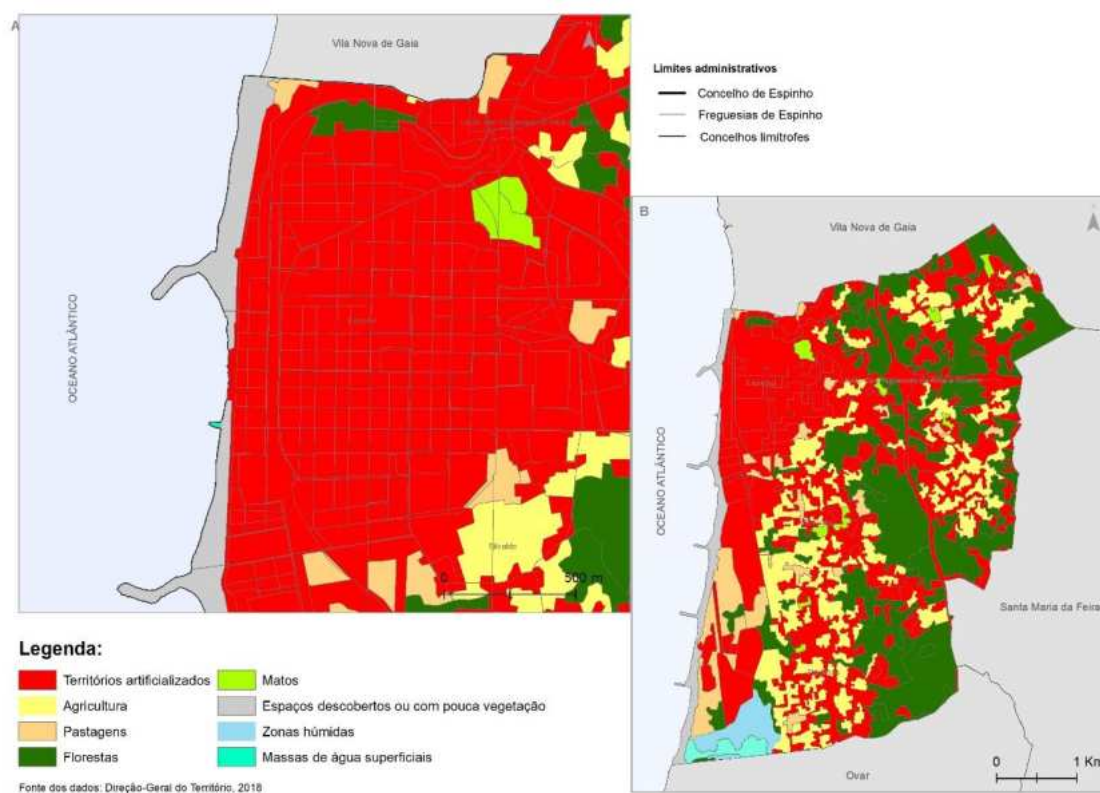


FIGURA 2 - Mapa de uso e cobertura do solo. Elaboração própria.

Na parte central da área urbana, há outras áreas com essa mesma faixa de temperatura, que são onde estão localizados alguns parques e áreas mais abertas, ou seja, com tecido urbano menos denso.

Alinhado à linha de costa, há alguns trechos, onde a temperatura superficial é evidentemente menor do que mais a leste. Isto tem influência dos ventos e da presença d'água. Com a densidade da ocupação urbana, a velocidade dos ventos diminui gradativamente, contribuindo para temperaturas mais altas (Pinheiro; Laranjeira, 2013).

Ao observar o mapa, nota-se que, à medida que se afasta da área urbana, em direção a leste, vê-se que a temperatura superficial cai significativamente, isto ocorre tanto em função da altitude como a diminuição de áreas artificializadas e a maior presença de vegetação. Mas, a nordeste, do município ocorre uma área pontual onde a temperatura se sobressai ao seu entorno, onde temperatura superficial chega à classe de 38-39°. Essa área corresponde ao uso industrial (DGT, 2018).

CONCLUSÕES

Conforme mostrado nos resultados, o sensoriamento remoto para mapeamento da temperatura de superfície mostrou-se fidedigno, no que diz respeito à relação entre a morfologia do terreno, isto é, a características do uso e a cobertura do solo.

As áreas artificializadas mostraram-se como o principal fator que contribui para a elevação da temperatura superficial, em especial, aquelas onde há o uso industrial. O Albedo dos materiais mostrou-se outro fator importante, uma vez que a presença do cemitério na área urbana influencia o arrefecimento da temperatura, por conta das cores claras, utilizadas nesse local.

Nesse mesmo sentido, as áreas com maior presença de cobertura vegetal, como os parques urbanos e as florestas, indicaram menores temperaturas superficiais, em razão da evapotranspiração e da ausência de áreas impermeabilizadas. A proximidade ao mar também é um fator, uma vez que a brisa marítima circula melhor nas faixas litorâneas, tendo dificuldade ao avançar sobre áreas com maior rugosidade.

Apesar de oferecer certa confiança, quanto aos valores da temperatura, cabe ressaltar que há diferença entre a temperatura superficial e a temperatura do ar. Sendo recomendável, fazer medições das condições atmosféricas em diferentes pontos, ao longo da área urbana. Ainda assim as geotecnologias, o sensoriamento remoto, neste caso, mostram-se como importantes ferramentas para o planejamento territorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO, A.L.N. Uso de produtos de sensoriamento remoto para delimitação de área efetivamente inundável: estudo de caso do baixo curso do Rio Benevente Anchieta-ES. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 4, n. 1676–7226, p. 53–63, 2010.
- COELHO, A.L.N.; CORREA, W.S.C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 7, n. 1676–7226, p. 31–45, 2013.
- DGT (Direção-Geral do Território). **Tipo de ocupação do solo 2018**. [S.l.]. Portugal. <https://www.dgterritorio.gov.pt/Carta-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-para-2018>
- DIREÇÃO MUNICIPAL DE URBANISMO. **Suporte Biofísico e Ambiente**. Estrutura Ecológica e Biodiversidade. Relatório de Caracterização e Diagnóstico. Porto: Departamento Municipal de Planeamento Urbano, abr. 2018. https://pdm.cm-porto.pt/documents/51/23_PDMP_ECD_Estrut_Eco_Biod.pdf

- DOUGLAS, I. **The Urban Environment**. Londres: Edward Arnold, 1983. 229p.
- INE (Instituto Nacional de Estatística). Censos 2021. XVI Recenseamento Geral da População. VI Recenseamento Geral da Habitação: Resultados definitivos. Lisboa : INE, 2022.
<https://www.ine.pt/xurl/pub/65586079>
- LOPES, A. O sobreaquecimento das cidades. causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. **Territorium**, n. 15, p. 39–52, 2008.
- MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território**. [S.l.] Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.
- MONTEIRO, A. **Os impactes no clima, qualidade do ar e na saúde enquanto potenciais indicadores da (ausência de) estratégia de desenvolvimento de um espaço urbano** - Estudo de caso na área metropolitana do Porto. Conferência Nacional da Qualidade do Ambiente, 2001. pp. 851-869.
- MONTEIRO, A.; VELHO, S. Health heat stress in the Porto Metropolitan Area - A matter of temperature or inadequate adaptation? **Erde**, v. 145, n. 1–2, p. 80–95, 2014.
- MONTEIRO, A.; VELHO, S.; GÓIS, J. A importância da fragmentação das paisagens urbanas na Grande Área Metropolitana do Porto para a modelização das ilhas de calor urbano-uma abordagem metodológica. **Geografia: Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, v. 1, n. 2012, p. 123–159, 2012.
- NASCIMENTO, D.T.F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenómeno de ilhas de calor no município de Goiânia- GO (1986/2010)**. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- PINHEIRO, C. de A.; LARANJEIRA, M.M.C. Análise do ambiente térmico e das condições de ventilação para a definição das funções climáticas na área urbana de Guimarães. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 4, n. 2182–1267, p. 249–272, 2013b.
- PINHEIRO, C. de A.; LARANJEIRA, M.M.C. Análise do ambiente térmico urbano em índices espectrais: influências dos usos do solo sobre temperatura de superfície (Guimarães, Portugal). *In*: CORREIA, T. P.; HENRIQUES, V.; JULIÃO, R. P. (ed.). **IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência**. APG ed. Lisboa: APG, 2013a. p. 321–326.
- PINHEIRO, C.; LARANJEIRA, M.M.C.; BANDEIRA, M. **Mudança do ambiente térmico em Guimarães (1984-2014): o impacto da urbanização difusa Análise por Detecção Remota do Processo de Urbanização Difusa e seu Efeito Climático em Braga e Guimarães**. Guimarães, Portugal, PNUM 2016, 15-16 jul. 2016.
- SAILOR, D.J.; LU, L. A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. **Atmospheric Environment**, v. 38, p. 2737–2748, 2004.
- STREUTKER, D. R. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 13, p. 2595–2608, 11 jul. 2002.

CAPÍTULO 77

ANÁLISE DAS ASSINATURAS ESPECTRAIS DAS ESPÉCIES DE MANGUE DA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DE GUARATIBA (RBG) POR MEIO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO HIPERESPECTRAL AÉREO

Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira¹
Felipe Gonçalves Amaral¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. beaamgarcia@gmail.com; f.g.amaral19@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

Os ecossistemas de manguezal são considerados os mais severamente degradados em todo o mundo (Souza *et al.* 2016). As condições adversas, atreladas ao desaparecimento do mangue, estão diretamente ligadas a serviços ecossistêmicos muito importantes, como a biodiversidade e a regulação do estoque de carbono no mundo. Estudos *in situ* são limitados para análises mais aprofundadas, devido às características da área. O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para esse estudo, uma vez que a clorofila presente nas plantas interage com a radiação eletromagnética (Dell'Orto *et al.*, 2020) no processo de fotossíntese. O objetivo deste trabalho é fazer uma comparação de conjunto de dados para obtenção das assinaturas espectrais das espécies de mangue, tendo, como área de interesse, a Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (RJ), por meio de dados hiperespectrais, visando entender a influência da correção radiométrica, do processo de mosaicagem, nas assinaturas espectrais. Serão coletados pontos, obtidos em trabalhos de campo, seguido de um pós-processamento em laboratório. Os dados hiperespectrais são gerados pelo sensor AisaFENIX, com 364 bandas espectrais e resolução espacial de 2 metros. A grande quantidade de bandas permitirá maior diferenciação das respostas das espécies, o que não ocorre em um sensor espectral, permitindo a análise detalhada da área. Este produto visa contribuir com o acervo de informações do manguezal do Rio de Janeiro, frente à realidade urgente de melhoria de gestão, manutenção e conhecimento do próprio ecossistema.

Palavras-chave: manguezal; Guaratiba; hiperespectral.

ABSTRACT

Mangrove ecosystems are considered the most severely degraded in the world (SOUZA, et al. 2016). The adverse conditions linked to the disappearance of mangroves are directly linked to very important ecosystem services, such as biodiversity and the regulation of carbon stocks in the world. In situ studies are limited for more in-depth analysis due to the characteristics of the area, therefore, remote sensing is an important tool for this study, since the chlorophyll present in plants interacts with electromagnetic radiation (DELL'ORTO, et al. 2020) in the process of photosynthesis. The objective of this work is to compare the data set to obtain the spectral signatures of mangrove species associated with the Guaratiba State Biological Reserve (RJ), through hyperspectral data, aiming to understand the influence of radiometric correction, the mosaic process, in the spectral signatures. Points obtained in field work will be collected, followed by post-processing in the laboratory. Hyperspectral data is generated by the AisaFENIX sensor, with 364 spectral bands and spatial resolution of 2 meters. The large number of bands will allow greater differentiation of species responses, which does not occur with a spectral sensor, allowing a detailed analysis of the area. This product aims to contribute to the collection of information on Rio de Janeiro's mangroves, faced with an urgent reality of improving management, maintenance and knowledge of the ecosystem itself.

Keywords: mangrove; Guaratiba; hyperspectral.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de manguezal são considerados os mais severamente degradados em todo o mundo (Souza *et al.* 2016). Lugar de transição entre o ambiente marinho e terrestre, os manguezais se fazem lar e berço para diversas espécies. O mangue associado à Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (RBG) é um importante remanescente deste ecossistema do município do Rio de Janeiro, constantemente pressionado pelo avanço industrial da região. Num contexto geral, sua degradação está diretamente ligada à ação humana, seja por meio de sua expansão, seja pela poluição decorrente. As condições adversas, atreladas ao desaparecimento do mangue, estão diretamente ligadas a serviços ecossistêmicos muito importantes, como a biodiversidade e a regulação do estoque de carbono no mundo. Diante disso, faz-se urgente a necessidade de ações para mitigar as consequências destas ações (Silva, 2012).

O sensoriamento remoto se mostra um grande aliado como ferramenta de estudo. A interação existente entre o processo de fotossíntese das plantas e a radiação eletromagnética possibilita estudar o mangue espectralmente, entendendo, a fundo, a diferença entre as espécies, a saúde da vegetação, sua estrutura e estatura (Cruz *et al.*, 2023), além de possibilitar o estudo de mudanças espaço-temporais. Com os anos, o sensoriamento remoto passou por grandes avanços e inovação, criando um grande acervo de ferramentas diferentes para cada estudo. Os sensores podem variar em quantidade de bandas - espectrais, multiespectrais, hiperespectrais ou ultraespectrais; a forma de obter energia - sensores ativos ou passivos; e a sua posição no espaço - sensores orbitais ou aerotransportados. Segundo Dell'Orto *et al.* (2020):

o conhecimento e a compreensão prévia sobre as características de absorção e reflectância do objeto de estudo, assim como os parâmetros que os influenciam, permitem interpretar os dados de sensoriamento remoto de maneira mais significativa e precisa. O estudo de assinaturas espectrais fornece a opção de selecionar as bandas espectrais ou larguras de banda, e selecionar o tipo de sensor mais adequado para o estudo específico.

Já existem estudos utilizando sensores espectrais para mapear espécies de mangue (Viegas *et al.*, 2019; Almeida *et al.*, 2015), entretanto, a limitação de número de bandas torna o resultado também limitado, uma vez que as espécies podem não ser bem caracterizadas. Assim, os sensores hiperespectrais, que possuem centenas de bandas espectrais, são capazes de quebrar essas limitações, possibilitando maior detalhamento na caracterização e no mapeamento das espécies. Esses sensores geram imagens de alta resolução e, por serem aerotransportados, o produto final é obtido em formato de *stripes*, ou seja, listras de imagens. Uma maneira de se trabalhar com as imagens hiperespectrais é realizando o processo de mosaicagem das imagens. Entretanto, não se sabe, ao certo, se o resultado da caracterização das espécies é o mesmo, quando utilizado o mosaico e os *stripes* separadamente.

Com isso, o objetivo deste trabalho é obter as assinaturas espectrais das espécies de mangue presentes na RBG, a partir de dados hiperespectrais, por meio de dois dados: utilizando os *stripes* separadamente, sendo esta a forma mais confiável de se obter as assinaturas; e utilizando dois mosaicos gerados em softwares diferentes. O trabalho busca entender o quanto o balanceamento de cor ocorrido no processo de geração dos mosaicos afetam o resultado das assinaturas.

METODOLOGIA

O fluxograma metodológico representando os processos realizados neste trabalho está expresso na Figura 1. Um trabalho de campo foi realizado para coleta de pontos amostrais das espécies de mangue, a partir da identificação fitofisionômica. Concomitantemente, foram adquiridas, a partir de uma parceria entre o Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudo Ambientais (ESPAÇO-

UFRJ), a Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) e a empresa FotoTerra, imagens hiperespectrais da área de estudo, por meio de um sobrevôo com o sensor hiperespectral aerotransportado pela aeronave. O sensor, que possui resolução espacial de 2 metros e pode chegar a 620 bandas espectrais (<https://www.specim.com/products/aisafenix/>).

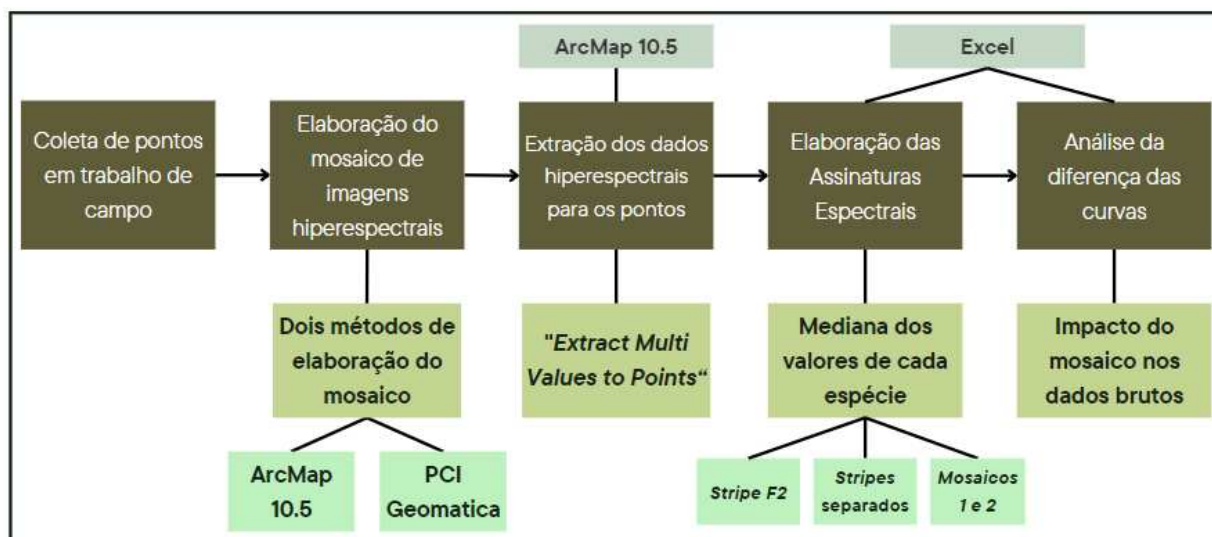


FIGURA 1 - Fluxograma Metodológico. Elaboração própria.

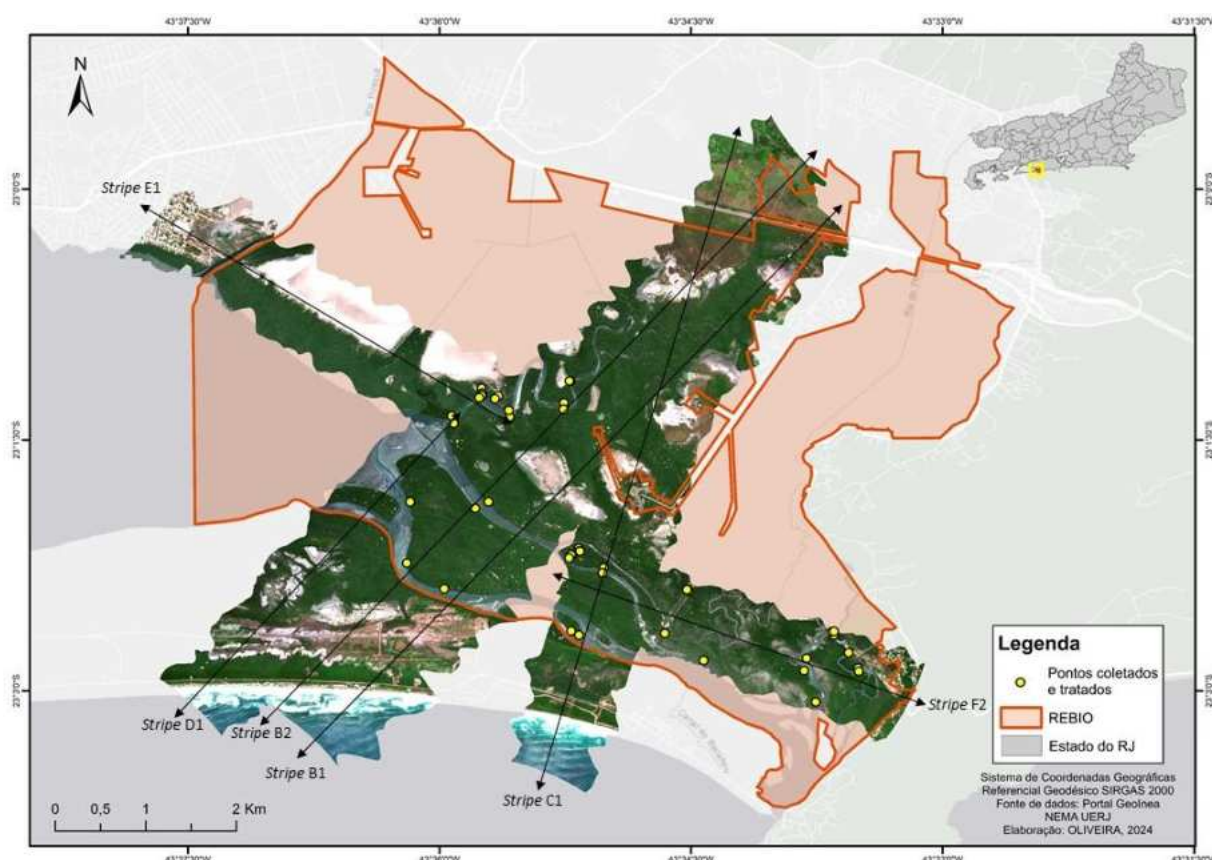


FIGURA 2 - Área de estudo, com a localização dos stripes, o mosaico de imagens e os pontos coletados. Elaboração própria, com dados do Portal GeoINEA e do Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA-UERJ).

Após o trabalho de campo, os pontos passaram por tratamento, devido à limitação de área, que os *stripes* abrangem, passando também por revisão das coordenadas e informações descritivas. Em laboratório, foram gerados dois mosaicos, a partir dos *stripes*, utilizando dois *softwares* diferentes: o ArcMap 10.5 e o PCI Geomatica. No processo de mosaicagem, a principal diferença entre os dois está na determinação de parâmetros para o processo. No PCI, é possível colocar parâmetros para balanceamento de cor, podendo escolher tanto as formas de balanceamento como as opções de linha de corte e imagem de referência. Já no ArcMap, não se pode controlar o balanceamento de cor, pois é um algoritmo interno do programa; e nem as linhas de corte que se mantém por forma de sobreposição das partes do mosaico.

Em seguida, foi possível a extração dos valores hiperespectrais nos pontos, com a ferramenta *Extract Multi Values to Point*, no ArcGIS 10.5, aplicados aos quatro *inputs*: o *stripe* F2; *stripes* separados; mosaico gerado no ArcMap 10.5 (mosaico 1); e mosaico gerado no PCI Geomatica (mosaico 2). Foi decidido por extrair os valores dos pontos, que caíram em um único *stripe*, no intuito de entender, até mesmo, a variação que pode ocorrer dentro dos diferentes *stripes*. E o *stripe* F2 foi escolhido, pois concentra a maior parte dos pontos. Essa extração de valores resultou na resposta das espécies em 364 bandas. Após a extração de valores, foram plotados no Microsoft Excel e gerados gráficos das assinaturas espectrais de cada espécie, representando no gráfico, a mediana de valores. A mediana foi escolhida para ser representada, pois elimina valores destoantes, que podem ser apenas ruídos. Foram gerados gráficos, comparando as curvas de cada espécie, no intuito de entender se os mosaicos afetam o resultado dos *stripes* brutos.

RESULTADOS

As espécies identificadas na área, a partir de revisão bibliográfica e do trabalho de campo, foram: *Rhizophora mangle* (RH ou apenas *Rhizophora*); *Avicennia schaueriana* (AV ou apenas *Avicennia*); e *Laguncularia racemosa* (LG ou apenas *Laguncularia*). A Figura 3 representa as assinaturas espectrais no espectro do visível, obtidas a partir do *stripe* F2, *stripes* separados e dos mosaicos, para cada espécie. A partir do objetivo do trabalho, a análise será realizada por espécie e por *input*. Busca-se entender como as imagens brutas ou modificadas alteram o comportamento da curva. O que se espera é que as curvas espectrais para cada uma das espécies de cada um dos *inputs* deve ser o mais próximo possível, o que caracteriza uma pequena mudança entre os dados brutos e as imagens modificadas, possibilitando assim a utilização do mosaico na caracterização, e, posteriormente, a classificação das espécies na área de estudo. Além disso, os resultados foram separados para o espectro visível e o espectro NIR/SWIR. Essa separação se deu para melhor entendimento do comportamento das curvas, visto que o valor máximo de reflectância do espectro visível é duas vezes menor do que o valor máximo no NIR/SWIR, o que impossibilitaria analisar pequenas flutuações. O resultado da primeira etapa se encontra na Figura 3.

Iniciando a análise no espectro do visível, nota-se que as curvas da *Rhizophora* não se alteram significativamente nos quatro *inputs*, ocorrendo apenas um afastamento da curva do *stripe* F2, entre as bandas de comprimento de onda 0,53 nm até 0,60 nm, respectivamente, a banda do verde. Na *Avicennia* a curva do mosaico 1 apresenta menores valores de reflectância, em quase todo o espectro, aumentando apenas na borda do vermelho (0,68 a 0,75 nm). A curva do *stripe* F2 apresentou comportamento oposto ao do mosaico 1. Nessa espécie, a maior diferenciação das curvas se deu no final do espectro, sem pontos de inflexão significativos, como o caso citado da *Rhizophora*. Já na *Laguncularia* nota-se importante discrepância dos valores, onde a curva da mediana, obtida a partir do mosaico 1, respondeu em valores muito altos, principalmente, a partir da banda do verde até o final do vermelho (0,56 nm a 0,75 nm), comportamento não observado nas outras duas espécies. As demais curvas não apresentaram diferenciação significativa entre si, nem mesmo ao final do espectro, como foi observado nas outras espécies.

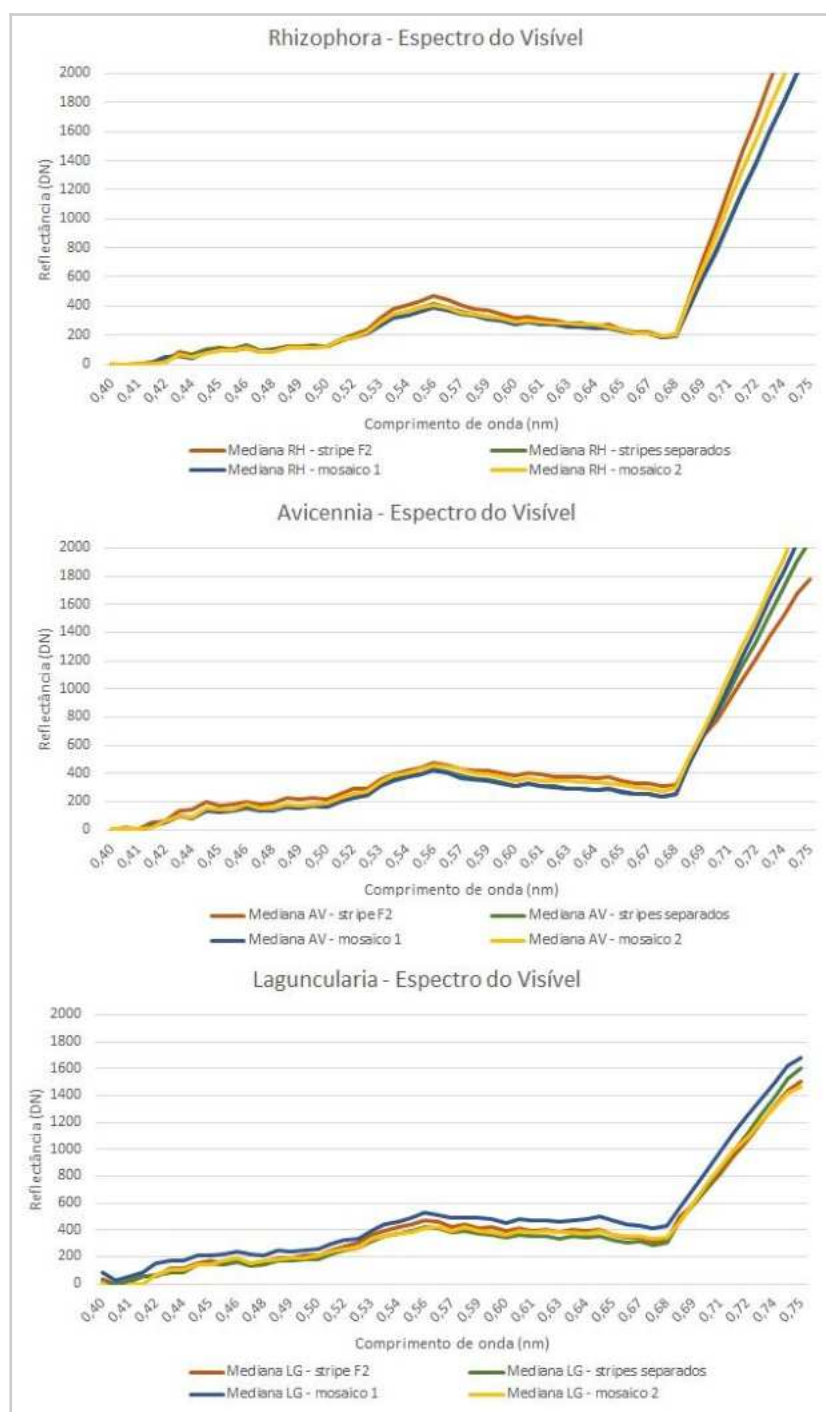


FIGURA 3 - Assinaturas espectrais no espectro do visível, para cada espécie. Elaboração própria.

A Figura 4 mostra a curva no espectro NIR/SWIR. Em uma visão geral, as curvas se comportaram, entre si, de forma extremamente diferente do espectro visível (Figura 3).

Iniciando pela *Rhizophora*, a curva do *stripe* F2 se afasta demasiadamente das demais, em todo espectro do NIR (0,75 a 0,97 nm) e começo do SWIR (nos comprimentos de onda 0,97 a 1,15 nm), em valores mais altos de reflectância, variando de 2500 a 3500 DN. Entre os comprimentos 1,20 a 1,35 nm, a curva do mosaico 2 se aproxima da curva do *stripe* F2, se afastando das demais. No restante do espectro, todas as curvas apresentaram valores de reflectância semelhantes, não apresentando distinção significativa. Na *Avicennia*, ocorre o oposto da *Rhizophora*. A curva do *stripe* F2 se afasta

demasiadamente das demais, em valores mais baixos de reflectância, tanto em todo espectro do NIR, quanto em algumas partes a mais, do que as citadas acima do espectro do SWIR, variando de 1500 a 2000 DN. Já a curva do mosaico 2 se afasta das demais, para valores mais altos de reflectância. Os valores do mosaico 1 e *stripes* separados se apresentaram de forma muito semelhante. A partir da banda 1,80 nm, todas as curvas, inclusive a do *stripe* F2, se comportam de modo semelhante. Por fim, na Laguncularia, as curvas do mosaico 2 e *stripe* F2 se comportam de forma muito semelhante, variando igualmente nos valores. A curva do mosaico 1 se destaca nesta espécie, o que não ocorre nas outras espécies. E a curva dos *stripes* separados, ao longo do espectro, se aproxima das outras curvas, em momentos diferentes.

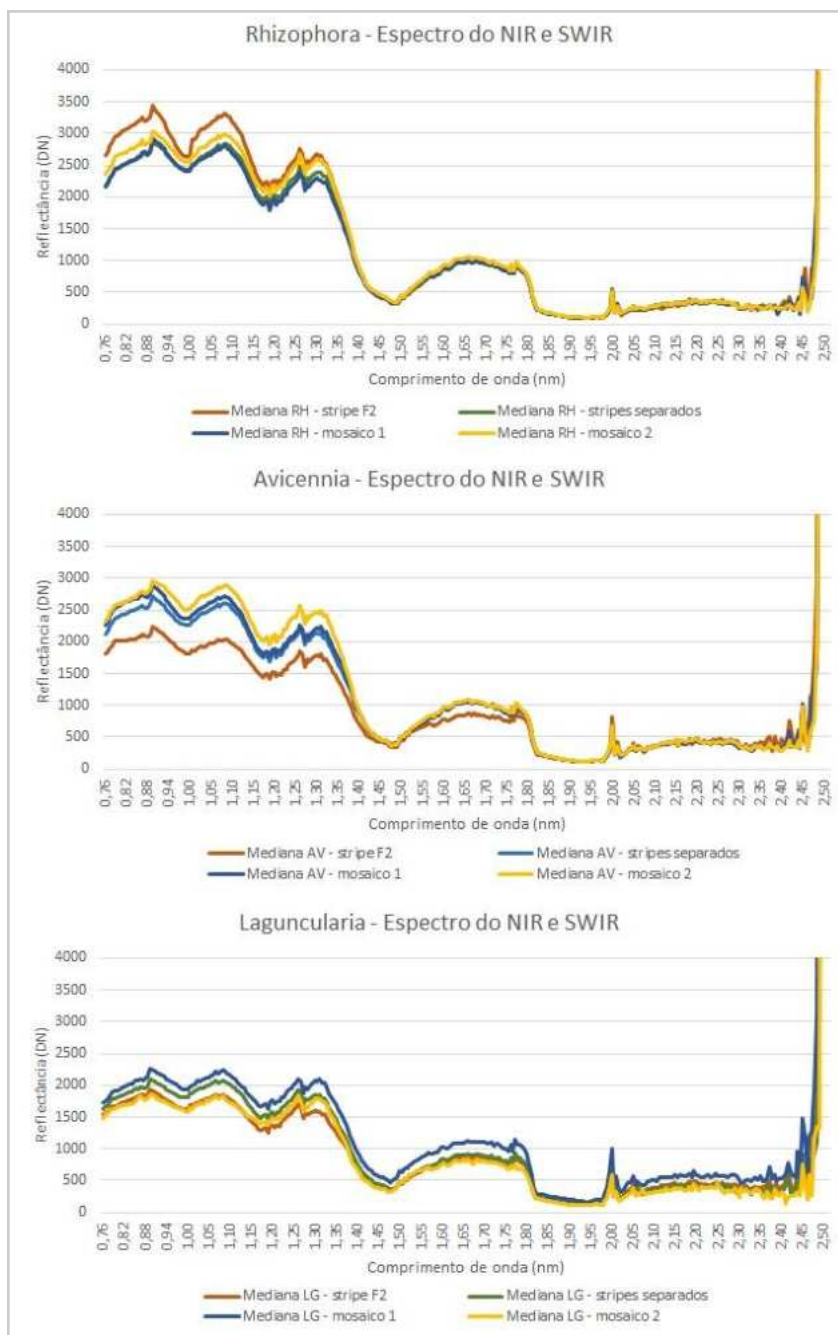


FIGURA 4 - Assinaturas espectrais no espectro do NIR e SWIR, para cada espécie. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho foi concluído. A partir dos processos metodológicos, foi possível obter as curvas hiperespectrais, ou seja, as assinaturas das espécies dentro do espectro. E, com isso, foi possível comparar o resultado obtido da extração dos valores de reflectância, oriundos do *stripe* F2, *stripes* separados e do mosaico 1 e 2. O intuito principal foi entender se as imagens, como vieram do fabricante, e o balanceamento de cores do processo de mosaicagem, em ambos os *softwares*, podem ser usados para análise da resposta da reflectância e, conseqüentemente, a curva espectral. Dentro do que foi analisado nos resultados, nota-se que para a *Rhizophora* e a *Avicennia* não variam significativamente dentro do espectro visível. Já para a *Laguncularia*, os valores do mosaico 1 se distanciam dos demais. No caso das curvas no espectro NIR e SWIR, todas as espécies apresentaram variações significativas nos valores de reflectância para cada curva. Para a *Rhizophora*, o valor máximo se deu na curva do *stripe* F2 e o valor mínimo, no mosaico 1. Já para a *Avicennia*, o valor máximo se deu no mosaico 2, e o valor mínimo, no *stripe* F2. Por fim, para a *Laguncularia*, o valor máximo se deu no mosaico 1 e o valor mínimo, majoritariamente, no mosaico 2.

A análise mais importante foi entender como o *stripe* F2 se afasta das demais curvas, por ser o dado mais bruto possível de utilizar e reduzir interferências. No espectro do visível, em todas as espécies, essa curva não apresenta distinção significativa das demais, entre os comprimentos de onda 0,40 a 0,68 nm. Já no espectro NIR e SWIR, existem discrepâncias significativas, em todo espectro, para todas as espécies. Até mesmo, se fosse analisado apenas o *stripe* F2, com os *stripes* separados, que também são dados brutos, esse afastamento ocorreria nesse espectro. Entretanto, a resposta espectral em cada *stripe* é diferente, não por causa de balanceamento de cor, mas devido a como cada imagem foi processada pelo fabricante. Cada *stripe* é obtido, a partir de uma linha de voo, que pode sofrer diversas interferências.

Conclui-se, a partir dos resultados obtidos, que o balanceamento de cor interfere na resposta espectral. A melhor alternativa para obter a caracterização das espécies de mangue seria utilizar os *stripes* separadamente, obtendo a mediana para cada espécie. Entretanto, pensando na possibilidade de testar alternativas para se utilizar um mosaico, acredita-se que a melhor alternativa seria utilizar o *software* PCI Geomatica, calibrando os parâmetros de balanceamento de cor, até que a assinatura espectral se aproxime da curva dos *stripes* separados, até que seja possível desconsiderar pequenas flutuações de valores da reflectância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, P.M.M.D. **Na rede do mapeamento:** uma análise da resposta espectral das florestas de mangue e do mapa como actante no espaço científico. 2015. 478 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- CRUZ, C.B.M.; AMARAL, F.G.; MACHADO, G.F.S.; AMBROSIO, B.G.; RAMOS, M.N. Caracterização da vegetação de mangue no contexto da Reserva Biológica de Guaratiba (RBG). In: SILVA, C.A. da. (org.). Baía de Sepetiba. **Diagnósticos, análises e metodologias participativas:** intervenções dialógicas como contribuições para a governança territorial. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2023. p. 76-105.
- DELL'ORTO, E. *et al.* Estimativas do teor de clorofila do mangue da Baía de Vitória (ES) por meio de dados hiperespectrais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 131-142, 2020.
- SOUZA, B.B. *et al.* Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento e quantificação de áreas de manguezal no estado de Sergipe. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 57, p. 126-134, 2016.
- SILVA, J.B. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do ecossistema manguezal em Pernambuco/Janaína Barbosa da Silva. 2012. 183 f. Tese (doutorado) - UFPE, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia. Recife, 2012.
- VIÉGAS, V.S.; MIGLHORANCE, E.; ALMEIDA, P.M.M. de; CRUZ, C.B.M.; SOARES, M.L.G.; ESTRADA, G.C.D. Análise Da Resposta Espectral Dos Diferentes Tipos De Mangue: Estudo De Caso Da Baía De Sepetiba. In: Anais do XIX SBSR, 2019, Santos. **Anais eletrônicos...**, São José dos Campos, INPE, 2019.

CAPÍTULO 78

ANÁLISE ESPACIAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ILHA DO FUNDÃO

Larissa de Oliveira Silva¹
Rodrigo Luiz Sampaio¹
Evelyn de Castro Porto Costa¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. larissadeoliveira@ufrj.br; rodrigo.sampaio@ufrj.br; evelyncosta@igeo.ufrj.br.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as áreas com temperaturas mais elevadas na Ilha do Fundão, situada na cidade do Rio de Janeiro, dentro do período de 10 anos, entre 2013 e 2023, nos meses da primavera e associá-las aos fatores urbanos que podem influenciar diretamente a temperatura, em dias de ondas de calor. Para alcançar esse objetivo, foi utilizada a plataforma Google Earth Engine para a aplicação de algoritmos, que permitissem obter os resultados referentes à temperatura e uso e cobertura do solo. Como resultados, foram gerados mapas de Temperatura da superfície (LST) do Landsat 8 e 9 e dados de cobertura do solo, gerados pelo algoritmo Random Forest.

Palavras-chave: temperatura de superfície; cobertura da terra; Landsat; Google Earth Engine.

ABSTRACT

This work aims to analyze the areas with the highest temperatures on Fundão Island, located in the city of Rio de Janeiro, within the 10-year period between 2013 and 2023 in spring and associate them with urban factors that can directly influence the temperature on days of heat waves. To achieve this goal, the Google Earth Engine platform was used to apply algorithms to obtain results related to temperature, land use and land cover. As a result, Landsat 8 and 9 surface temperature (LST) mappings and land cover data generated by the Random Forest algorithm were generated.

Keywords: surface temperature; land cover; Landsat; Google Earth Engine.

INTRODUÇÃO

As ilhas de calor são um fenômeno climático urbano, caracterizado pelo aumento da temperatura nas cidades, em relação às áreas rurais circundantes. Esse aquecimento é causado pela maior concentração de materiais, como asfalto, concreto e superfícies escuras, que absorvem mais calor, além da poluição, atividade humana, escassez de vegetação e corpos d'água, e impermeabilização do solo.

Segundo Oke (1982), as circunstâncias favoráveis para o desenvolvimento de uma ilha de calor são caracterizadas por uma concentração relativamente alta de fontes de calor nas cidades. As propriedades térmicas dos materiais de construção também facilitam a condução de calor, mais rapidamente que o solo e a vegetação das áreas rurais, contribuindo para um aumento no contraste de temperatura.

Voogt (2003) define a ilha de calor como o excesso de aquecimento da atmosfera urbana, em relação ao seu entorno, não urbanizado. Sua intensidade esteve associada ao tamanho da população da cidade. Os efeitos da ilha de calor são diversos e, em grande parte, negativos, trazendo implicações para o conforto e a saúde humana.

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o Brasil vem registrando recordes de médias de temperatura, pelo quarto mês seguido, desde julho de 2023. No mês de novembro de 2023, a cidade do Rio de Janeiro sofreu uma das mais severas ondas de calor já registradas, desde 2014, alcançando sensação térmica de 59,3°C, segundo o Alerta Rio. Tapper e Coutts (2023) examinam como o aumento da densidade urbana influencia o clima local, com foco em variações espaciais e temporais no balanço de energia na superfície em Melbourne, na Austrália.

De acordo com Schulz *et al.* (2023), o uso do Google Earth Engine na identificação de ilhas de calor auxilia no planejamento urbano, apoiando na mitigação dos efeitos desse fenômeno. Nesse sentido, é possível inferir como a organização do espaço urbano afeta na temperatura média e na sensação térmica de um local.

A Ilha do Fundão se apresenta como uma área de grande dinamismo urbano, que recebe diariamente uma grande quantidade de veículos e pessoas, além de possuir uma posição estratégica na cidade do Rio de Janeiro. Essa área de estudo pode ser representativa para a realização das análises sobre os aspectos climáticos e urbanos na cidade do Rio de Janeiro.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo identificar as áreas que apresentam maior temperatura na Ilha do Fundão entre os anos de 2013 e 2023, durante os períodos de primavera, correlacionando estas áreas aos elementos urbanos, que podem influenciar diretamente nos valores de temperatura, em dias de ondas de calor. Para a realização dessa pesquisa, foram adotados algoritmos de classificação de imagens digitais, bem como, imagens de satélites fornecidas no catálogo da plataforma do Google Earth Engine.

Por fim, a partir da análise dos dados, foi elaborada uma busca dos atributos espaciais, que possam estar relacionados com a ampliação ou a redução da temperatura de superfície, como a presença de vegetação e a densidade de áreas construídas. Dessa forma, pretende-se gerar um mapeamento que demonstre áreas de maior vulnerabilidade térmica, auxiliando nas tomadas de decisão, em relação à infraestrutura pública e na mitigação desses efeitos.

METODOLOGIA

A temperatura de brilho é a temperatura que um corpo negro deveria ter para emitir a mesma quantidade de radiação espectral de um corpo real. Ela é calculada, a partir da radiância emitida por um objeto, considerando sua emissividade. A radiação emitida por um corpo negro depende apenas de sua temperatura e é descrita pela função de Planck. Essa função relaciona a intensidade da radiação emitida por um corpo negro com o comprimento de onda e a temperatura. A função de Planck é dada por:

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \quad (\text{eq. 1})$$

onde:

$B_{\lambda}(T)$ é a intensidade da radiação emitida em função do comprimento de onda e da temperatura absoluta.

T é a temperatura em kelvin, λ é o comprimento de onda.

h é a constante de Planck, c é a velocidade da luz no vácuo.

k_B constante de Boltzmann.

Assim, a temperatura de brilho é um problema inverso, onde é necessário inverter a função de Planck (Petty 2006):

$$T_B = B_{\lambda}^{-1}[\varepsilon B_{\lambda}(T)] \quad (\text{eq. 2})$$

onde: ε é a emissividade.

Para a elaboração deste trabalho foi utilizado a plataforma *Google Earth Engine*, com imagens *Landsat 8* e *9*. Os satélites *Landsat* contam com sensor TIRS (Sensor infravermelho térmico), utilizado para medir a LST, a partir do canal do infravermelho termal, na banda 10. A temperatura de Superfície (LST) foi calculada segundo Artis e Carnaham (1982), partindo da Temperatura de Brilho, definida por parâmetros da imagem *Landsat*, para derivar a LST. A emissividade usada no cálculo e presente nas propriedades das imagens *Landsat* é obtida pelo sensor ASTER (USGS 2019 e 2020). O algoritmo pode ser visualizado no fluxograma da Figura 1.

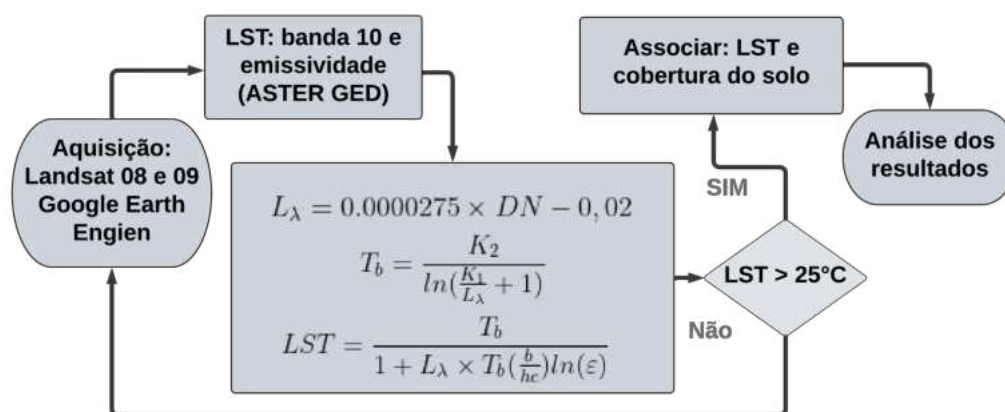


FIGURA 1 - Fluxograma da metodologia. Elaboração própria.

O algoritmo da Figura 1 foi aplicado para todas as imagens com cobertura de nuvens, inferior a 10%, nos meses de setembro, outubro e novembro, correspondente à primavera meteorológica, nos anos de 2013 a 2023. Esses três meses foram escolhidos, por ainda estarem no período seco, com menor cobertura de nuvens, que, no verão, além disso, em alguns desses meses, que antecedem o verão são identificadas ondas de calor, tal como no ano de 2023, no mês de novembro. Em cada ano, foi calculada a mediana da LST nos três meses, obtendo assim a temperatura de superfície dos referidos períodos.

Para ser possível associar os valores de LST e a cobertura do solo, foi utilizada uma classificação, aplicando *Random Forest*, com 300 árvores, baseado em Belgiu e Drăgut (2016), numa cena Sentinel 2, do ano de 2023, sem cobertura de nuvens. As classes utilizadas foram: floresta, água, urbano, solo exposto, mangue, gramínea e asfalto (ruas e vias). O filtro espacial *Majority* foi aplicado, a fim de suavizar o *efeito sal e pimenta* (tipo de ruído em imagens de radar, que dá um aspecto granuloso, semelhante à textura de sal e pimenta) da classificação baseada em pixel.

RESULTADOS

Analisando a Figura 2, percebemos, ao longo dos anos, uma persistência de aquecimento ($LST > 40^{\circ}\text{C}$) em duas regiões bem definidas da Ilha do Fundão. Uma dessas, mais ao Norte da ilha, corresponde ao complexo que inclui CCS, Hospital Universitário, estação de BRT e entroncamento de pistas da Linha Vermelha. A outra, próximo ao centro geométrico da ilha, inclui o CCMN e o CT.

Logo, é possível analisar que, apenas nos anos de 2019, 2020 e 2021, a temperatura de superfície não ultrapassou 50°C , tendo, nos outros anos, temperaturas bem mais elevadas em alguns trechos. A partir dos mapas de temperatura de superfície é possível inferir que o ano de 2015 se apresenta com as temperaturas de superfícies mais elevadas na porção centro oeste da Ilha, seguida por 2017, 2018 e 2013.

Vale destacar o resultado pouco expressivo do ano de 2021, em que só havia disponível no catálogo, uma imagem com pouca cobertura de nuvens (inferior a 10%) para os referidos meses de primavera, entretanto, ainda obteve-se nuvens dessa área, o que corresponde aos “buracos” na classificação no ano de 2021, sendo este ano, o mais desfavorecido para a análise.

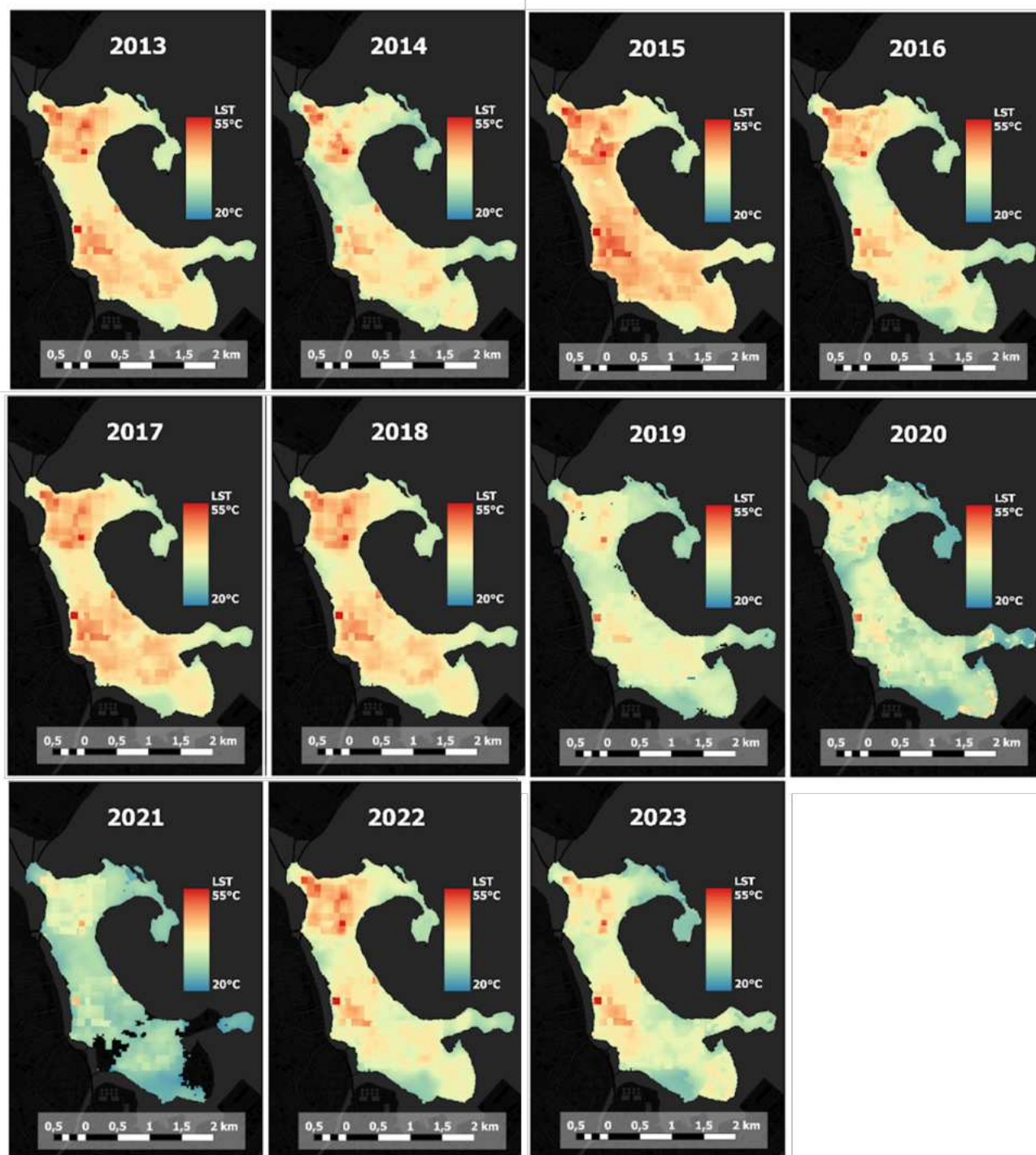


FIGURA 2 - Mediana da Temperatura de Superfície (LST) na Ilha do Fundão nos meses da primavera.
Elaboração própria.

Tendo em vista, que foram adotados composites com medianas de temperaturas, é possível analisar apenas a distribuição da temperatura mediana de imagens dos três meses de cada ano. Logo, no ano de 2023, por exemplo, é possível observar uma expressiva temperatura de superfície, de até 55°C, em alguns pontos da Ilha. Assim, este trabalho visa compreender o contexto, em que esses padrões de

temperatura elevada ocorrem. Dessa forma, foram realizadas análises, a partir do uso e cobertura da terra, para fins de associação com a temperatura de superfície.

A classificação de uso e cobertura da terra (Figura 3) aponta a distribuição espacial de elementos naturais e antrópicos na Ilha do Fundão no de 2023, sendo possível associá-la ao mapeamento de temperatura de superfície. A classificação gerada obteve Kappa 0,83 e exatidão global de 0,89 na validação realizada através da metodologia de validação por amostragem aleatória e estratificada, sendo considerada um resultado de bom desempenho. Observa-se que os maiores fragmentos de floresta se localizam nas áreas mais extremas da Ilha, assim como, as vegetações de mangue. A classe de gramínea é predominante nas áreas mais centrais, juntamente com a classe urbana e asfalto, que se encontram distribuídas e interligadas na porção central da Ilha.

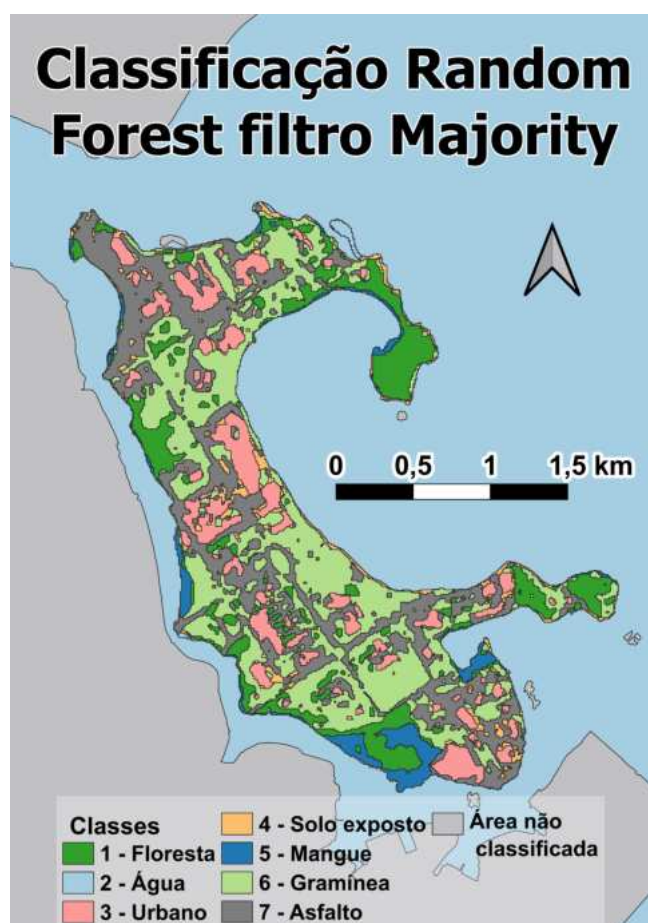


FIGURA 3 - Mapa de classificação de uso e cobertura, com filtro Majority. Elaboração própria.

Ao associar estaticamente o LST com a cobertura da terra (Figura 4) é possível analisar que as classes urbano e asfalto são as de maior aquecimento. A classe de solo exposto e gramínea mostram aquecimentos maiores que as áreas de florestas e de mangues. Logo, observa-se que as classes urbano, ruas e vias, gramínea e solo exposto apresentaram maiores valores de LST, correspondendo as temperaturas mais elevadas na área de estudos.

Excetuando-se os *outliers* (valores fora do padrão), encontra-se um padrão espacial de temperaturas de superfície de 35°C, em média, com temperaturas alcançando valores acima de 40°C, em áreas urbanas, gramíneas, solo exposto e vias. Enquanto as áreas de floresta e mangue se encontram com temperaturas médias de até 30° C. Já os *outliers*, se apresentam com grande incidência, em classes de urbano e gramínea, tendo valores alcançando temperaturas entre 55°C e 60°C mais fortemente. O que pode ser interpretado como as classes com maiores probabilidades com tendência de aumento da temperatura.

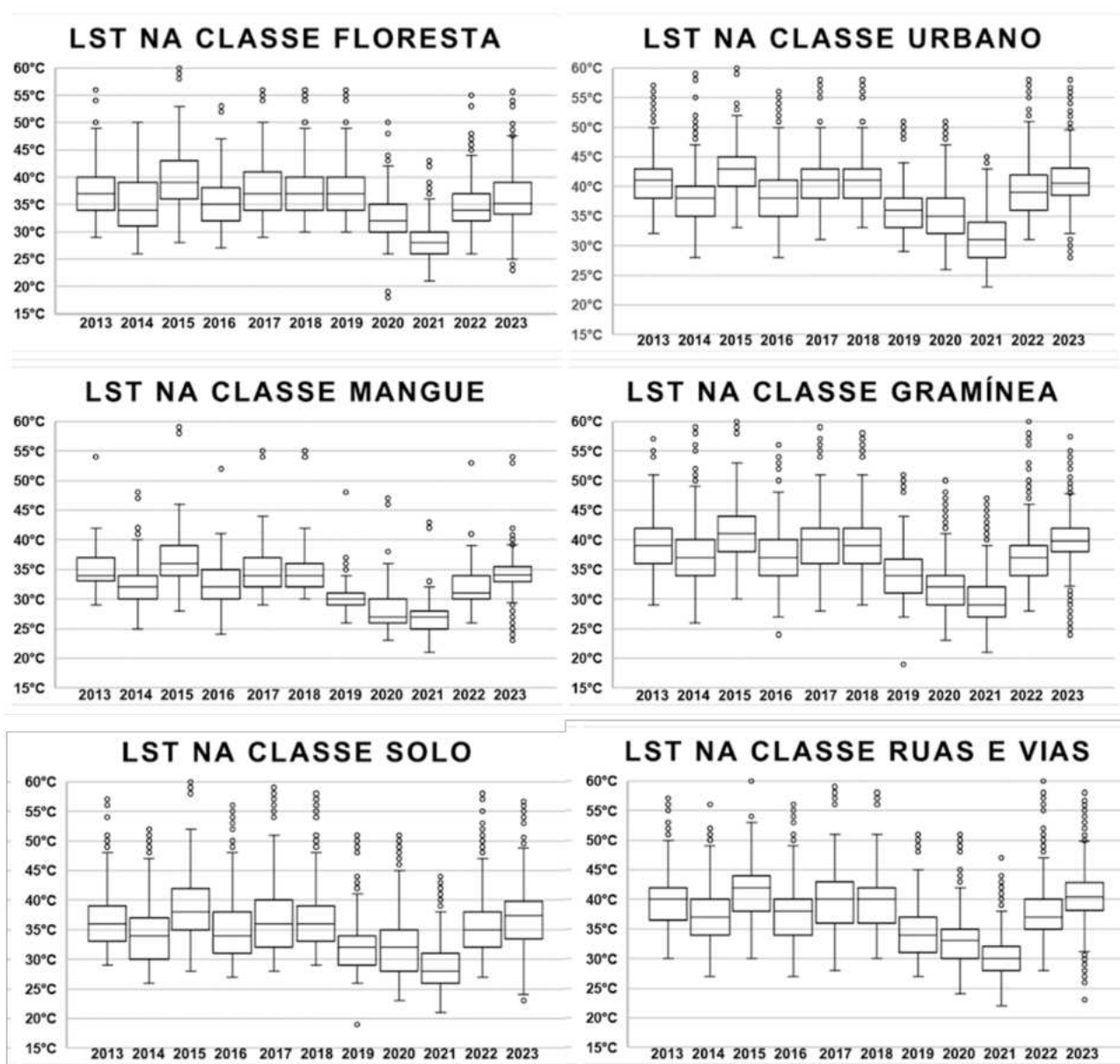


FIGURA 4 - Boxplot da Temperatura de Superfície (LST) nas diferentes classes de uso e cobertura.
Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Os resultados apontaram que as regiões do *campus* com temperatura de superfície mais intensa estão localizadas ao redor do Centro de Tecnologia (CT), CCMN (Centro de Ciências e Matemáticas da Terra) e CENPES (Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello); e nas proximidades do Hospital Universitário (HU), estação do BRT, CCS (Centro de Ciências da Saúde) e RU (Restaurante Universitário) Central, locais de maior incidência de classes que retêm calor, conforme o mapa de uso e cobertura. Estas são áreas de grande circulação de veículos, além de concentrarem atividades acadêmicas de milhares de estudantes, com infraestruturas urbanas, como vias, ciclovias e prédios. As temperaturas de superfícies extremas, de até 60°C, foram observadas nessas regiões, sugerindo a necessidade de intervenção, a fim de amenizar o calor nesses pontos, priorizando a qualidade de vida dos estudantes. Ficou claro que áreas florestadas aquecem menos na ilha, apontando que a arborização e criação de florestas urbanas sejam possíveis soluções.

A metodologia aplicada nesta pesquisa mostrou-se satisfatória e pode ser replicada para outras áreas de estudos, para fins de investigação sobre a temperatura. A partir dos resultados apresentados, foi possível analisar espacialmente a temperatura da superfície e associá-la ao uso e cobertura da terra. Para reforçar os resultados encontrados, seria interessante realizar o cruzamentos da temperatura de superfície com a temperatura atmosférica, a fim de encontrar mais elementos, que possam ser associados à dimensão do calor na área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTIS, D.A.; CARNAHAN, W.H. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. **Remote sensing of Environment**, v. 12, n. 4, p. 313-329, 1982.
- AZEVEDO, L.D.S; BARBOSA, L.C. Estudo do índice de vegetação e temperatura da superfície terrestre na área de proteção ambiental Triunfo do Xingu (PA), utilizando o Google Earth Engine. **Revista de Geociências do Nordeste**, Pernambuco, v. 6, n. 2, p. 1-13, dez./2020. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID21984>
- BELGIU, M.; DRĂGUT, L. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. **ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing**, v. 114, p. 24-31, 2016.
- OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly journal of the royal meteorological society**, v. 108, n. 455, p. 1-24, 1982.
- PETTY, G.W. **A first course in atmospheric radiation**. Sundog Publishing LLC, 2006.
- SCHULZ, R.C. *et al.* Uso do Google Earth Engine para a determinação de ilhas de calor no Município de Vilhena/RO. **Revista Geonorte**, v. 14, n. 44, 2023.
- TAPPER, N.; COUTTS, J.B.E.A. Impact of increasing urban density on local climate: spatial and temporal variations in the surface energy balance in Melbourne, Austrália. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 26, n. 4, p. 477-493, abr./2023.
- VOOGT, J.A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote sensing of environment**, v. 86, n. 3, p. 370-384, 2003.

CAPÍTULO 79

APLICAÇÃO DAS IMAGENS TERMAIS NOTURNAS DO SENSOR ASTER NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Randy Rodrigo Gonçalves dos Santos¹

Andrews José de Lucena¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. randy_fd1@hotmail.com; lucenageo@gmail.com.

RESUMO

A utilização de imagens termais de satélites/sensores desempenha um papel crucial no estudo do clima, em escala urbana, permitindo o mapeamento de áreas mais quentes e mais frescas. Satélites e sensores fornecem dados com características diversas, atendendo a diferentes objetivos e áreas de estudo. Neste trabalho, exploramos o sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) e seu produto de temperatura da superfície. Com resolução espacial de 90 m e cobertura de 60x60 km, tanto pela manhã quanto à noite, o objetivo é analisar o período noturno e mapear a Temperatura da Superfície Continental (TSC) noturna, no município do Rio de Janeiro, identificando os espaços de calor durante a noite. Os resultados demonstram que as áreas mais urbanizadas e com menos espaços verdes, como as Regiões Administrativas AP-1 e AP-3, abrigam as manchas com maior Temperatura da Superfície Continental (TSC). Por outro lado, na AP-2, mesmo em suas regiões urbanas, apresenta temperaturas mais amenas, devido à maior presença de áreas verdes. O sensor ASTER tem grande potencial para se destacar nos estudos da TSC, pois oferece a possibilidade dos estudos no período noturno, permitindo a análise dos padrões da TSC.

Palavras-chave: temperatura da superfície continental; Rio de Janeiro; ASTER; sensoriamento remoto termal.

ABSTRACT

The use of satellite/sensor thermal imagery plays a crucial role in the study of urban climate, allowing the mapping of hotter and cooler areas. Satellites and sensors provide data with diverse characteristics, serving different objectives and areas of study. In this work, we explore the ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) sensor and its Land Surface Temperature (LST) product. With a spatial resolution of 90m and coverage of 60x60 km, both in the morning and at night, the objective is to analyze the night period and map the nocturnal Land Surface Temperature (LST) in the city of Rio de Janeiro, identifying the areas with greater heat retention during the night. The results show that the most urbanized areas with less green spaces, such as the Administrative Regions AP-1 and AP-3, harbor the spots with the highest Land Surface Temperature (LST). On the other hand, AP-2 (South Zone), even in its urban regions, presents milder temperatures due to the greater presence of green areas. The ASTER sensor has great potential to stand out in LST studies, as it offers the possibility of nighttime studies, allowing the analysis of LST patterns.

Keywords: land surface temperature (LST); Rio de Janeiro; ASTER; thermal remote sensing.

INTRODUÇÃO

Os grandes centros mundiais estão atualmente sofrendo as consequências do seu planejamento urbano ineficaz, de seu deficiente ordenamento territorial e de seu errôneo modelo de desenvolvimento (Teza; Baptista, 2005). As áreas metropolitanas são o palco das principais transformações e problemas ambientais, onde a intensidade dos impactos ambientais tem maior projeção. Está nesses espaços, o principal foco dos estudos ambientais, em suas múltiplas abordagens, dentre as quais, o estudo do clima urbano (Lucena; Peres, 2018).

As áreas urbanas são regiões onde há uma influência generalizada dos seres humanos sobre o ambiente natural, incluindo as mudanças no clima local e regional. Eventos climáticos extremos,

como ondas de calor e inundações, estão associados ao crescimento urbano e deverão aumentar, devido às mudanças climáticas, desafiando a implementação de uma agenda de desenvolvimento urbano, que torne as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (Miranda *et al.*, 2023). Autores como Stewart e Oke, em 2012, com base em seus trabalhos, afirmam que a Ilha de Calor Urbana (ICU) é um dos maiores problemas que a população deve sofrer nas próximas décadas.

As áreas metropolitanas costumam apresentar vários picos de temperatura. As atividades que causam esse afeito podem estar concentradas em várias regiões do tecido urbano, que funcionariam como o centro. Bairros fabris, pouco arborizados tendem a ser mais quentes, do que os bairros residenciais de luxo, com baixa densidade de construção e muitas áreas verdes (Lombardo, 1985). Notícias relacionadas a ondas de calor e recordes de altas temperaturas atingidas têm sido mais recorrentes e a população que vive em grandes e densas áreas urbanas, vem sentindo a diferença, a cada ocorrência de altas temperaturas. O município do Rio de Janeiro e os municípios adjacentes, que junto a ele, compõe a Região Metropolitana do RJ, vem sendo objeto de estudo nas últimas décadas, com importantes resultados (Fuckner, 2007; 2009; Imhoff *et al.*, 2010; Lucena, 2012; Alfonso, 2018).

O *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) é um instrumento imageador a bordo do TERRA, o principal satélite do Earth Observing System (EOS) da NASA, lançado em dezembro de 1999 (Asterweb, 2004). O ASTER consiste em três subsistemas diferentes, sendo eles, o Visível e o Infravermelho Próximo (VNIR); possui três bandas, com resolução espacial de 15 m; o Infravermelho de Ondas Curtas (SWIR) possui 6 bandas, com resolução espacial de 30m; e o Infravermelho Térmico (TIR) possui 5 bandas, com resolução espacial de 90m (Abrams *et al.*, 2002). Nesse trabalho, foi utilizado o produto AST08, da Temperatura da Superfície Continental, disponibilizado pelo *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC). O produto AST08 é disponibilizado no período diurno e noturno, com resolução espacial de 90 m, e gerado a partir dos cinco canais infravermelhos térmicos do ASTER: as bandas 10, 11, 12, 13 e 14. O produto da TSC é determinado a partir da Lei de Planck, usando as emissividades do AST_05 para dimensionar as radiâncias medidas após a correção dos efeitos atmosféricos (ABRAMS, 2002).

Dada a importância e eficácia do uso do sensoriamento remoto no estudo do clima urbano, neste capítulo, exploram-se as cenas do produto AST08 do período noturno. Com as cenas disponíveis e boas para uso, o objetivo é ter um panorama da Temperatura da Superfície Continental (TSC) noturna, no município do Rio de Janeiro, e verificar o potencial do sensor ASTER para tanto.

METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o diagrama de fluxo do processo metodológico desta investigação, detalhando cada uma das suas fases, desde a breve revisão da literatura à descrição do sensor ASTER, até os resultados e sua análise.

O município do Rio de Janeiro apresenta um território extenso, com uma variedade no uso e cobertura do solo, de áreas urbanizadas de diferentes classes, como residências de alta, média e baixa densidade, áreas industriais e de extração mineral; e áreas não urbanizadas, que englobam área agrícolas e de cobertura vegetal, arbórea e arbustiva – floresta (ombrófila) e gramíneo-lenhosa (campo) – áreas com vegetação rasteira, entre outras classificações (IBGE, 2019). O Rio de Janeiro tem sido historicamente associado à representação da segregação socioespacial, com a justaposição dos edifícios de luxo, condomínios de luxos e das favelas nas encostas. O uso e cobertura do solo diversificado e a questão social do município, o coloca como uma área com muito potencial de estudo nos âmbitos ambiental e climático.

Neste trabalho, utilizamos a divisão da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, em Áreas de Planejamento, para estudar a cidade por completo. A divisão é feita em 5 Áreas, sendo elas: Área de Planejamento 1 (AP-1), Área de Planejamento 2 (AP-2), Área de Planejamento 3 (AP-3), Área de Planejamento 4 (AP-4) e Área de Planejamento 5 (AP-5). Utilizar essa divisão é importante, devido às

especificações do tamanho da cena do ASTER para a cidade do Rio de Janeiro, não tendo disponível nenhuma imagem, que escaneie a cidade por completo. Sendo assim, as buscas precisam ser feitas separadamente por AP.

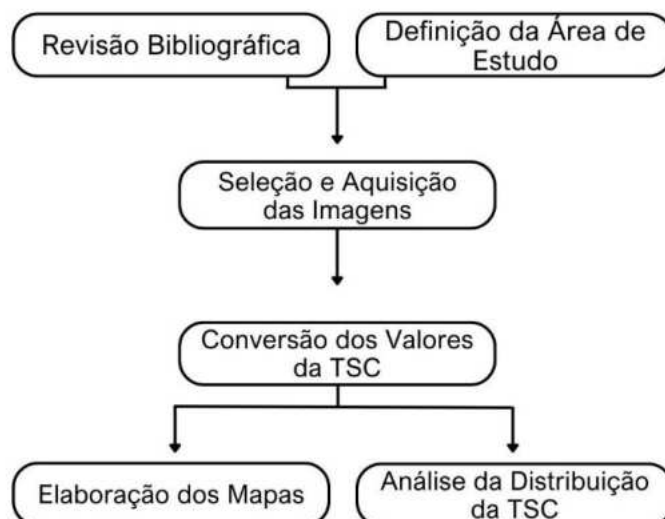


FIGURA 1 – Fluxograma da Metodologia. Elaboração própria.

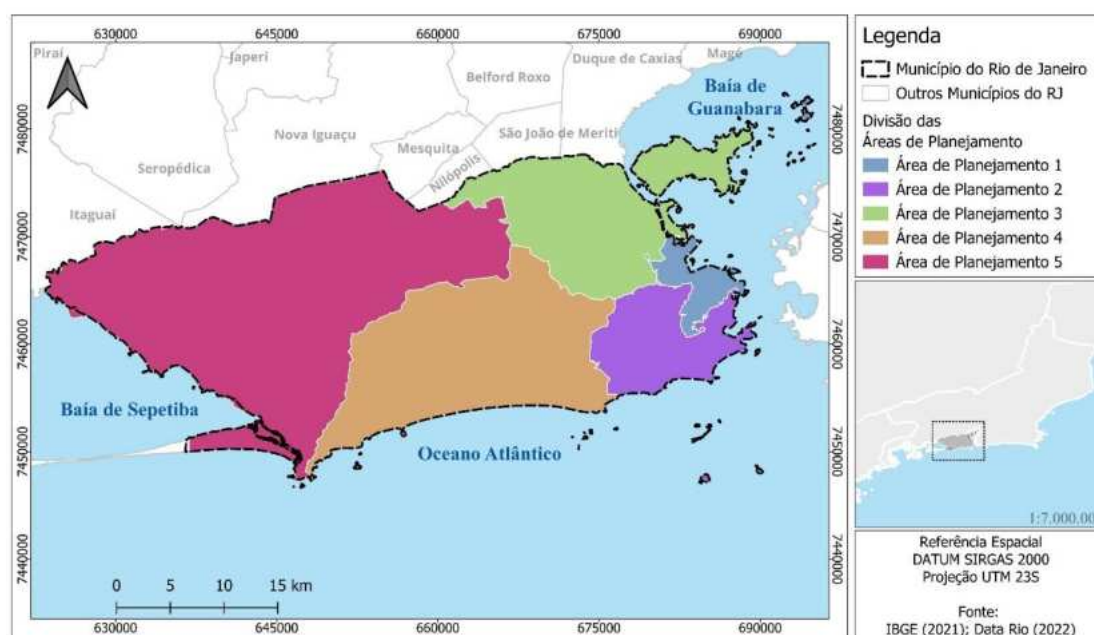


FIGURA 2 - Localização do Município do Rio de Janeiro. Fonte: DATA.RIO (2022).

As demais etapas do trabalho consistem em: Aquisição das imagens; Tratamento das imagens; Elaboração dos mapas; e análise dos dados. A aquisição do produto AST08 é feito através da plataforma EarthData Search, do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), onde conseguimos, por meio de filtros, selecionar área desejada, período do dia (Dia ou Noite), data de preferência e porcentagem de nuvem máxima ou mínima por cena.

Após baixadas as imagens, é necessária uma conversão dos valores do *pixel* para graus Celsius, unidade de medida utilizada para analisar e exibir as TSC, na área de interesse. O valor do *pixel*, ND (Número Digital), passa por alguns cálculos como a multiplicação pelo valor de escala (0,1), onde o

valor do produto passa a ser representado pela temperatura em graus Kelvin (K) e, posteriormente, convertido para graus Celsius (°C). Todo cálculo é realizado por linguagem de programação Python, utilizando *software* e bibliotecas do Anaconda Distribution. Com os valores do *pixel* convertidos para °C, as imagens são abertas no SIG QGIS, onde realizamos os demais procedimentos de elaboração dos mapas e análise do *raster*, com auxílio de algumas ferramentas do próprio programa.

RESULTADOS

Com as buscas feitas na plataforma EarthData Search, foram selecionadas duas datas distintas, a fim de satisfazer a investigação da TSC noturna na cidade do Rio de Janeiro.

Na Figura 3, a imagem do dia 21/02/2013 das 22 horas e 36 minutos exibe por completo as Áreas de Planejamento 1, 2 e 3. Destacam-se áreas que registram TSC acima de 29,1°C, na região da Área de Planejamento 3, onde se refere a um extenso trecho da Avenida Brasil, que é marcada por um destaque com TSC, acima de 30°C, a capacidade de absorção de energia do asfalto, junto ao fluxo contínuo de veículos, durante todo o dia, contribui para elevar a temperatura das rodovias e do seu entorno. O mesmo acontece para o Aeroporto do Galeão, que apresenta as maiores TSC, registradas nessa amostra noturna, com valores que chegam a 35,7°C. Na AP-1; a maior TSC registrada, ultrapassando os 32°C, no bairro do Caju, próximo à Ponte Rio-Niterói, mostra mais um destaque de altas temperaturas, em rodovias e suas adjacências. Além de algumas favelas da AP-1, que registraram TSC acima dos 30°C.

Já na Área de Planejamento 2, apresentando TSC mais amena em seu território. A maior temperatura registrada encontra-se na Lagoa Rodrigo de Freitas. Os corpos hídricos, no período noturno, têm apresentado valores de TSC maiores do que em muitas áreas terrestres do município e, no caso, foram observados valores entre 30,1 e 32,3 °C, por toda a sua extensão. Também sendo possível observar, na Baía de Guanabara, grandes extensões de temperaturas maiores que a superfície.

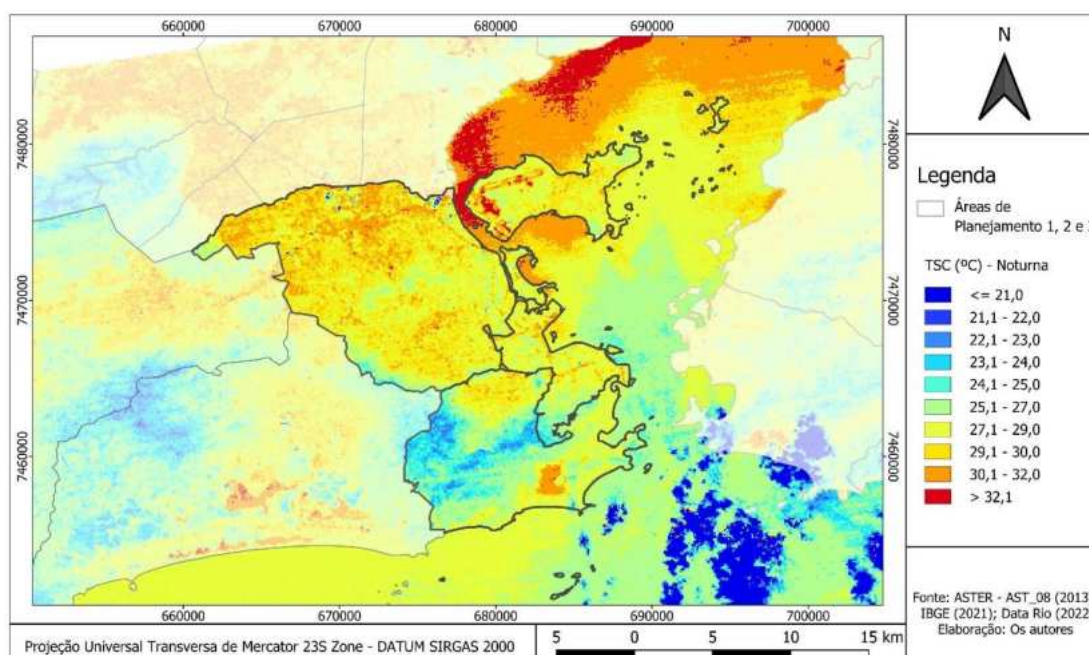


FIGURA 3 - Temperatura da Superfície Continental da AP-1, 2 e 3 no período noturno. Fonte: ASTER (2013).

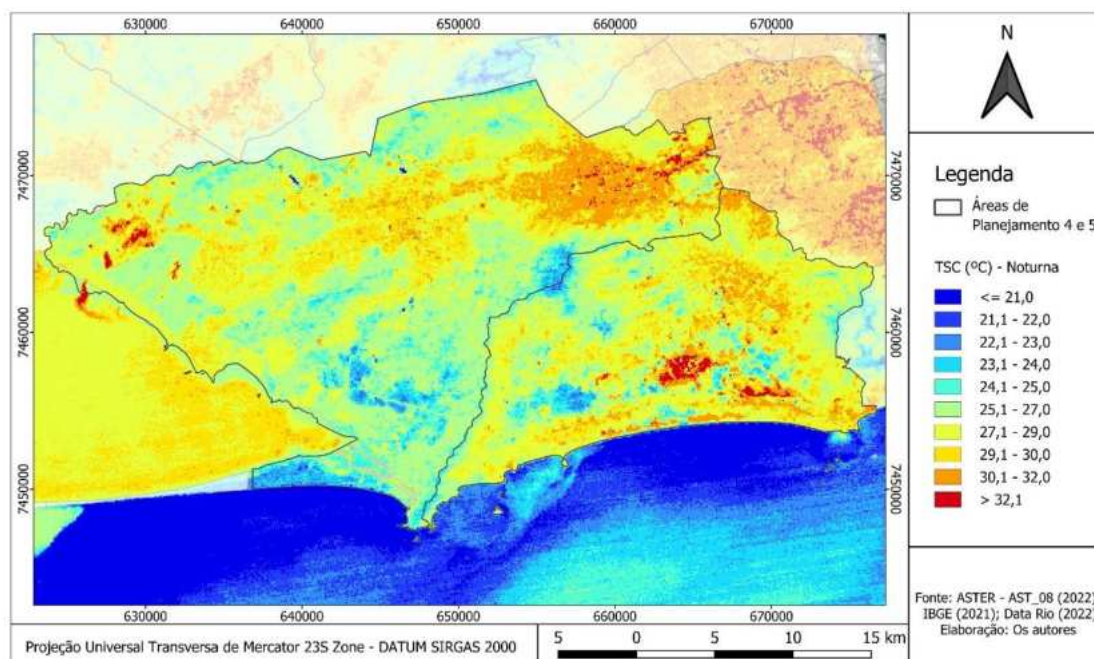


FIGURA 4 - Temperatura da Superfície Continental da AP-4 e 5 no período noturno. Fonte: ASTER (2022).

Na Figura 3, a imagem do dia 02/03/2022, das 22 horas e 28 minutos, exhibe, por completo, as Áreas de Planejamento 4 e 5. Na AP-5, no bairro de Santa Cruz, próximo a uma grande área residencial, está localizada a Siderúrgica Ternium Brasil e, registrando as maiores TSC da amostra, com temperaturas ultrapassando os 63°C. Outros pontos de destaque na AP-5 estão localizados nos bairros de Senador Camará, Bangu, Realengo, Magalhães Bastos, Deodoro, apresentando áreas mais quentes que suas adjacências, no período noturno, tanto em áreas comerciais como em grandes favelas, com destaque para o Bangu Shopping, registrando 35,2°C, e seu entorno, de 30 a 33,4°C, e Arena da Juventude, com 35,7°C, e a Favela da Coreia, com 29,2°C. Na AP-4, destacam-se os bairros da Baixada de Jacarepaguá, que apresentam TSC elevada no período noturno, apresentando grandes manchas, com temperaturas acima dos 29,1°C, no período noturno, em áreas residenciais da localidade.

CONCLUSÕES

A análise térmica noturna do município do Rio de Janeiro revelou diversos pontos de destaque, com TSCs elevadas. Destacam-se as áreas na AP-3, com TSC acima de 29,1°C; incluindo trechos da Avenida Brasil, chegando a 30°C, devido à absorção de energia do asfalto e o fluxo veicular. O Aeroporto do Galeão apresentou as maiores TSC registradas, atingindo 35,7°C. Na AP-1, a TSC ultrapassou 32°C, no bairro do Caju, próximo à Ponte Rio-Niterói, e em algumas favelas. A Lagoa Rodrigo de Freitas e a Baía de Guanabara, na AP-2, tiveram TSC mais altas, que as áreas terrestres, chegando a 32,3°C. Por fim, a Siderúrgica Ternium Brasil, na AP-5, registrou as maiores temperaturas da amostra, com mais de 63°C; e áreas comerciais e residenciais dos bairros de Bangu, Senador Camará, Magalhães Bastos e Deodoro. Por meio das amostras, foi possível identificar que, embora o valor da TSC registrado seja menor que o período diurno, áreas do município com elevada densidade de construções, no período noturno, ainda demonstram temperaturas mais altas, do que em áreas com a presença de áreas verdes.

A utilização do sensor ASTER, para o mapeamento termal noturno do município do Rio de Janeiro, possui caminhos positivos para elaboração de importantes estudos. Quando trata-se da temperatura, em épocas mais quentes, o desconforto térmico não está presente apenas durante o dia, mas para

muitas pessoas, a noite também apresenta um calor desconfortável. Mapear esses locais e identificar a população vulnerável às elevadas temperaturas, no período da noite, é possível com a utilização do ASTER. Porém, o sensor também apresenta alguns pontos negativos, principalmente, em relação à disponibilidade de imagens boas para uso, sem a presença de nuvens e que escaneie a área de interesse. Dessa forma, o meio mais viável para o estudo é utilizando amostras separadas. Com as buscas realizadas nesse trabalho, além das amostras utilizadas, pretende-se, em trabalhos futuros, explorar mais imagens do período noturno, diminuindo a área de interesse, para que se amplie a possibilidade de imagens boas para uso; e relacionar a TSC noturna com o uso e cobertura do solo e realizar comparações estatísticas e visuais com o TSC do período diurno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, M.; HOOK, S.; RAMACHANDRAN, B. **ASTER User Handbook**. v. 2. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer. Pasadena: Jet Propulsion Laboratory, 2002. 135p.
- ALFONSO, F.S. **Calculo de temperatura de superficie a partir de Imágenes NOAA, LANDSAT Y SENTINEL-3**. Universitat Politècnica de València (UPV), 2018. p. 2-10.
- ASTERWEB. **Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer**. <https://asterweb.jpl.nasa.gov>.
- FUCKNER, M.A. **Aplicação de Imagens ASTER no Estudo do Ambiente Urbano de São Paulo e Rio de Janeiro**. 2007. 235 f. Dissertação (Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2007.
- FUCKNER, M.A.; MORAES, E.C., FLORENZANO, T.G. Processamento de dados multiespectrais termais aplicado à análise espaço-temporal dos padrões de temperatura da superfície nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. *In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2009, Natal. **Anais ...**, 2009. p. 1369-1376.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Panorama da cidade do Rio de Janeiro**. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>
- IMHOFF, M.L., ZHANG, P., WOLFE, R.E., BOUNOUA, L. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 3, p. 504-513, mar. 2010.
- LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo. Editora Hucitec, 1985.
- LUCENA, A.J. **A ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2012. 373f. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas em Engenharia). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE). UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.
- LUCENA, A.J., PERES, L. F., MIRANDA, V. F. V. V. Os espaços de calor da Região Metropolitana e cidade do Rio de Janeiro. *In: OSCAR JUNIOR, A.C.; ARMOND, N.B. A climatologia geográfica no Rio de Janeiro: reflexões, metodologias, e técnicas para uma agenda de pesquisa*. 1. ed. Curitiba, 2018. Pp. 45-67.
- MIRANDA, V.F.V.V.; PERES, L.F.; LUCENA, A.J.; FRANÇA, J.R.A.; LIBONATI, R. Impactos da Urbanização nos Fluxos do Balanço de Energia Sobre a Região Metropolitana do Rio De Janeiro. *In: XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2023, Florianópolis. **Anais ...**, 2023.
- STEWART, I.D.; OKE, T.R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012.
- TEZA, C.T.V.; BAPTISTA, G.M.M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. *In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2005, Goiânia – Brasil. **Anais ...**, 2005. p. 3911-3918.

CAPÍTULO 80

CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT-8 PARA MAPEAMENTO DE WETLANDS UTILIZANDO ÍNDICES NDWI NO NORTE FLUMINENSE-RJ

Mikaella Pereira dos Santos¹
Evelyn de Castro Porto Costa²
Paula Maria Moura de Almeida²
Raúl Sánchez Vicens²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. mikaellasantos.geo@gmail.com.
2. Universidade Federal Fluminense - UFF. Departamento de Geografia. Av. Milton Tavares de Souza, s/n. Boa Viagem. Niterói. RJ. Brasil. CEP: 24210-346. evelyncosta@id.uff.br; paulamoura@id.uff.br; rsvicens@id.uff.br.

RESUMO

Estudar os *wetlands* pode ser considerado como um grande desafio metodológico, já que existem algumas dificuldades a serem superadas, quando falamos de classificar esses ambientes. Sobre o ponto de vista metodológico no mapeamento dos *wetlands*, os avanços geotecnológicos têm contribuído e muito para a melhoria nesses estudos. Nesse sentido, a questão cerne deste trabalho está pautada em contribuir metodologicamente para o mapeamento desses *wetlands*, de forma multitemporal, a partir da utilização de séries temporais de dados de sensoriamento remoto, com imagens de sensores óticos e do auxílio de aportes metodológicos, como *machine learning*. Foi então, realizada a escolha do recorte de estudos, assim como, o uso de dados de precipitação e declividade, seguindo então para a etapa de classificação, realizada no Google Earth Engine a partir do algoritmo *Random Forest*. Em relação ao sensor ótico, foram apresentadas variações, a partir dos índices espectrais utilizados. Cabe ressaltar que, em se tratando dos *wetlands* temporariamente inundados, a classificação utilizando as imagens do sensor ótico, com o índice NDWI de McFeeters (1996), demonstra o melhor resultado, com um valor de Kappa de 0,80. Um outro resultado, que corrobora para o melhor desempenho do NDWI de McFeeters na classificação de áreas úmidas, é o fato da classificação de McFeeters considerar as bandas Verde e Infravermelho próximo (NIR), que, neste caso, apresentam menor variabilidade nos dados, em comparação com o índice de Gao, que considera as bandas Infravermelho próximo (NIR) e Infravermelho de ondas curtas (SWIR 1).

Palavras-chave: *Wetlands*; sensoriamento remoto; *machine learning*; *random forest*, Índice de Água de Diferença Normalizada (NDVI).

ABSTRACT

Studying wetlands can be considered a major methodological challenge, as there are some difficulties to be overcome when it comes to classifying these environments. methodological challenge, as there are some difficulties to be overcome when it comes to classifying these environments. From a methodological point of view in mapping wetlands, geotechnological advances have contributed greatly to the improvement in these studies. In this sense, the core issue of this work is based on contributing methodologically to the mapping of these wetlands, in a multitemporal way, using time series of remote sensing data, with images from optical sensors and the aid of methodological contributions such as machine learning. The study selection was then chosen, as well as the use of precipitation and slope data, then proceeding to the classification stage, carried out in Google Earth Engine using the Random Forest algorithm. In relation to the optical sensor, variations were presented based on the spectral indices used. It is worth noting that, in the case of temporarily flooded wetlands, the classification using images from the optical sensor, with the NDWI index by McFeeters (1996), demonstrates the best result, with a kappa value of 0.80. Another result that corroborates the better performance of the McFeeters NDWI in the classification of wetlands is the fact that the McFeeters classification considers the Green and Near Infrared bands (NIR), which in this case present less variability in the data compared to the Gao index, which considers the Near Infrared (NIR) and Shortwave Infrared bands (SWIR 1).

Keywords: *wetlands*; remote sensing; *machine learning*; *random forest*, NDWI.

INTRODUÇÃO

Compreender o uso e cobertura da terra, nos diferentes recortes espaciais, é uma tarefa de grande importância para a gestão ambiental e do território. As áreas de *wetlands* são historicamente degradadas e havia, por parte das autoridades, o incentivo a ocupação delas. De maneira sistêmica, o meio ambiente foi afetado com a perda da biodiversidade e diminuição da disponibilidade hídrica, se tornando necessária a busca de conhecimento e reconhecimento acerca dessas áreas, com o intuito de seu gerenciamento (Gomes; Magalhães Júnior, 2017).

Frente a esse debate, ocorreu um encontro internacional, em 1971, conhecido como Convenção de Ramsar, que buscou, dentre outras questões, definir esses ambientes. Eles conceituaram os *wetlands* como “áreas com cobertura de água, naturais ou artificiais, que se encontram em estado de inundação permanente ou temporárias, incluindo áreas que contemplam a água do mar, que não exceda seis metros de profundidade na máre baixa” (Secretaría de la Convencion ..., 2013, p. 7).

Os *wetlands* não são bem representados nos mapas de uso e cobertura da terra, em função de questões de semântica, generalização e interpretações, que, muitas vezes, não levam em consideração a sazonalidade destas feições. Por isso, a quantificação e a análise de sua ocorrência e distribuição são frequentemente subestimadas. Além disso, há uma grande diversidade de tipos de *wetlands*, dificultando a padronização do modo de mapeamento dessas áreas. Como desafios, também podemos mencionar a grande extensão dessas áreas e a sua fragmentação, fazendo com que seja necessário considerar diferentes escalas de análise; soma-se a isso, a dificuldade de acesso em determinados *wetlands*. Sem dúvida, um dos maiores desafios a serem superados é o seu caráter de mudança sazonal.

A identificação dessa área deve superar a percepção de um momento, considerando a dinâmica temporal da delimitação dessas paisagens alagadas. Dessa maneira, a questão cerne desta pesquisa é contribuir metodologicamente no mapeamento multitemporal desses *wetlands*, a partir da utilização de séries temporais de dados de sensoriamento remoto e do auxílio de aportes metodológicos como *machine learning* e linguagem de programação.

METODOLOGIA

Preparação dos dados

No âmbito da investigação proposta, se fazia necessário a definição de uma área de estudo, que abrigasse uma boa quantidade de *wetlands*, assim como, áreas de *wetlands* de diversos tipos. Dito isso, a área de estudo definida (Figura 1) se localiza no Norte Fluminense e possui uma extensão de 11.774,74 km². Esse recorte é importante, pois possui características, que propiciam uma grande diversidade de *wetlands*, tornando válida a sua escolha, como as áreas de brejo nos tabuleiros, que possuem fundo de vale.

Como segunda etapa metodológica, foi definido o ano base para o desenvolvimento desta pesquisa. Para essa definição, foi realizada uma avaliação dos dados pluviométricos de acumulados anuais de chuva, compreendendo cinco anos (2017-2021), para todo o estado do RJ. O levantamento foi realizado, por meio de um *script*, que adquire informações pluviométricas do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation Whit Stations* (CHIRPS), que, de acordo com Rabelo *et al.* (2022), é um produto de precipitação, baseado em satélite e em grade de longo prazo. Dessa maneira, os dados coletados com o *script* do CHIRPS, no Google Earth Engine (GEE), foram baixados e trabalhados no *software* Microsoft Excel do pacote Office 365. Os dados apontam para uma média de precipitação acumulada de 1303,85 mm, sendo o ano de 2018, o mais úmido dos últimos cinco anos, com 1.452,15 mm de precipitação acumulada. Sendo assim, o ano de 2018 foi definido como o ano base para desenvolver as classificações.

Em seguida, realizou-se levantamento das imagens Landsat 8, sensor OLI, para o recorte de estudo. Essas imagens foram encontradas, a partir do banco de imagens do GEE, sendo implementado um *script* para a visualização. No *script* do GEE, foram realizados tratamentos na série temporal, fazendo uso de máscaras de filtros de nuvens.

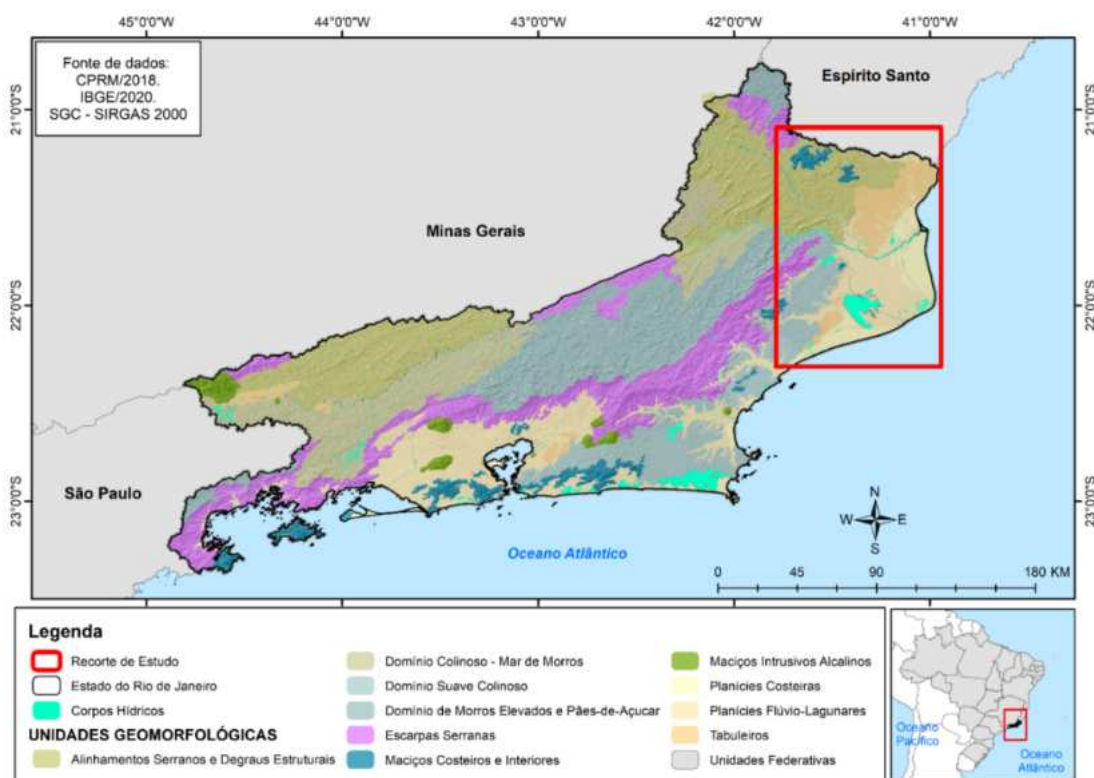


FIGURA 1 - Mapa de localização da Área de Estudo e Compartimentos Geomorfológicos. Elaboração própria (2023).

Ainda como etapa preparatória dos dados para a classificação, foi realizado um trabalho de campo, entre os dias 14/05/2022 e 16/05/2022, nos municípios de Quissamã, Campos dos Goytacazes e São Francisco de Itabapoana, localizados na região Norte Fluminense. Esse trabalho de campo teve, como objetivo, a melhor identificação do ambiente estudado, buscando avaliar os *wetlands* e obter amostras de *wetlands*, coletadas por GNSS. Além das amostras coletadas *in situ*, o processo de amostragem também adquiriu amostras espaciais, coletadas no Google Earth Pro. Todas as amostras foram coletadas, para servirem para o treinamento do algoritmo *Random Forest*. De modo a subsidiar o algoritmo com diferentes respostas espectrais presentes na paisagem, para a coleta de amostras, foram consideradas várias classes e, não apenas, as classes de *wetlands*. No total, foram selecionadas 4.901 amostras, sendo 3.340 amostras de não *wetland* e 1.561 amostras de *wetland*. Ao término da coleta de amostras, estas foram agrupadas, por meio da rotina *merge*, no ArcMap 10.6.1, onde foram apontadas na tabela de atributos, através de uma nova coluna, criada com o título de "Binario", onde todas as amostras referentes a algum tipo de *wetlands* receberam 1, como valor, e todas as amostras que não representam os *wetlands*, recebendo 0, como valor.

Classificação

O processo de classificação de imagens teve, como principal ferramenta metodológica, o aprendizado de máquina (*machine learning*) e a utilização do algoritmo *Random Forest*, ambos, em ambiente de programação, como na plataforma Google Earth Engine (GEE). A primeira etapa desse processo foi a importação das amostras para o recorte de estudo. Posteriormente, foram analisados e modificados parâmetros, para que pudesse ser realizada a classificação. Também foi requerida a série temporal de imagens Landsat 8, sensor OLI, por meio de um código de visualização dessas imagens.

Com a plataforma GEE, foram adotados critérios e índices para a classificação de imagens Landsat 8 – Sensor OLI, em um recorte temporal de 12 meses, referente ao ano de 2018. No *script* do GEE, foram realizados tratamentos na série temporal, fazendo uso de máscaras de nuvens, com o objetivo de adotar as melhores imagens do mês. Além disso, foi utilizado também o mês base, ou seja o mês mais úmido do ano de 2018, que se refere ao mês de fevereiro, para a classificação. Um outro dado utilizado foi a declividade, obtida através do SRTM. Importa dizer que essa declividade foi usada, como uma máscara, nas classificações, limitando o classificador a áreas planas, para serem consideradas *wetlands*, buscando evitar, assim, que áreas de altitude e sombras, como afloramentos rochosos, fossem classificadas erroneamente.

A classificação também se deu através da aprendizagem de máquina (*machine learning*), fazendo uso do método *Random Forest*, que é um algoritmo de estatística, com árvores de decisão, usado para a previsão (Breiman, 2001). Foram adotadas 4.901 amostras para o mapeamento, dentre as classes de *wetlands* e não *wetlands*. Posteriormente, foram adotadas métricas das imagens, tais como, a média das bandas, o desvio padrão e os percentis, para a sua classificação. E ainda, foram utilizados índices radiométricos NDWI de Gao (1996) e NDWI de McFeeters (1996).

Ao final, foram geradas classificações binárias (*wetland* e não *wetland*), uma para cada mês do ano de 2018, sendo 0, correspondente à classe de não *wetland*, e 1, à classe de *wetland*. Por fim, também foi utilizada a linguagem R, para somar as grades binárias para cada imagem mensal. Foram escolhidos esses dois índices, amplamente utilizados, por seus desempenhos para a classificação de água, o NDWI - Índice de Água de Diferença Normalizada. As duas composições diferentes de NDWI foram usadas, a proposta por Gao (1996) e aquela proposta por McFeeters (1996) (Quadro 1). Logo, foram geradas 2 classificações: uma classificação, usando o índice NDWI proposto por GAO; e outra classificação, utilizando o índice NDWI proposto por McFeeters. Esses índices são utilizados na identificação da água e teor de umidade, já que a composição das bandas auxilia na percepção dos valores de reflectância. Importa dizer que, entre essas duas composições de NDWI, existem diferenças, levando em conta, que o proposto por Gao (1996), utilizando NIR e SWIR, realça a presença de água na vegetação. Já o proposto por McFeeters (1996), utilizando GREEN-NIR, realça as alterações no teor da água nas massas de água (EOS Data Analytics, 2023).

QUADRO 1 - Duas composições do índice NDWI.

Índices NDWI	Fórmula	Bandas Espectrais Landsat 8
McFeeters (1996)	$\frac{(G - NIR)}{(G + NIR)}$	$\frac{(B3 - B5)}{(B3 + B5)}$
Gao (1996)	$\frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	$\frac{(B5 - B6)}{(B5 + B6)}$

Elaboração própria (2023).

Validação

No processo de validação, foi adotada a metodologia por amostragem aleatória e estratificada, no *software* GEE. Para tanto, foi usado o método de Bullock e Olofsson (2018), denominado de AREA2, que é a abreviação de Área Estimada & Avaliação de Precisão. Este “é um aplicativo do Google Earth Engine que fornece suporte abrangente para amostragem e estimativa em uma estrutura de inferência baseada em design”, permitindo que os usuários projetem amostras, de acordo com critérios e objetivos determinados para seus projetos (Bullock; Olofsson, 2018). O principal objetivo da validação é estimar a precisão específica da classe. A amostragem aleatória estratificada oferece a opção de aumentar o tamanho da amostra, em classes que ocupam uma pequena proporção da área, a fim de reduzir os erros padrão das estimativas de precisão específicas da classe (Olofsson *et al.*, 2014). Uma quantidade proporcional foi então adotada, tanto para a classe de *wetlands* como para a classe de não *wetlands*, sendo calculadas pelo próprio *script*, de acordo com a proporcionalidade das classes ao tamanho do recorte de estudo. Logo, para as amostras de não *wetlands*, foram coletadas, aleatória e estratificadamente, 100 amostras; e para a classe de *wetlands*, foram cerca de 20 amostras. Após essa etapa, as amostras foram exportadas em formato *shapefile* e inseridas no Google Earth Pro, onde foi realizada a validação por interpretação visual, considerando imagens de alta resolução do ano de 2018.

RESULTADOS

Identificação dos *wetlands*

Como principais resultados, foram obtidas duas classificações. A classificação realizada com o índice radiométrico NDWI proposto por GAO (1996) (Figura 2) obteve o quantitativo de 493,53 km² de área de *wetland*, correspondendo à porcentagem de 4,19%. Nessa classificação, é possível visualizar os *wetlands* em todo o recorte de estudo, mas, de maneira um pouco subestimada, pois, áreas que seriam *wetlands* não foram classificadas com a utilização desse índice. É possível verificar falhas no entorno dos corpos hídricos, assim como, grandes falhas, tanto a leste como a oeste da Lagoa Feia. Na classificação que considerou apenas o índice NDWI proposto por McFeeters (1996) (Figura 3), a área classificada como *wetlands* foi de 934,55 km², 7,94% da área total. Também é possível observar a presença dos *wetlands*, principalmente, no entorno dos grandes corpos hídricos, como a Lagoa Feia. Essa presença dos *wetlands* também é bastante demarcada na classificação nos tabuleiros costeiros e nas planícies costeiras da região de estudo, áreas que, na classificação com NDWI de Gao, não estão tão expressivas, no que tange à classificação dos *wetlands* presentes. Com os valores de áreas de *wetlands*, classificadas, a partir dos dois índices, é possível observar que, em se tratando das duas classificações de *wetlands* temporários ou sazonais, a classificação que considera o índice NDWI de McFeeters é a que se destaca, com o maior valor de área classificada.

Resultado da Validação

Como resultado da validação, foi elaborada uma matriz de confusão para cada classificação, contendo o índice Kappa, o erro de comissão e omissão, e os demais parâmetros dos resultados de desempenho, como a acurácia total (*overall*), a acurácia do produtor (*precision*), a acurácia do usuário (*recall*) e o F-score. A validação apontou que os índices NDWI utilizados tiveram resultados razoáveis na classificação de *wetlands*. Em termos estatísticos, a classificação utilizando o NDWI proposto por Gao teve um índice Kappa de 0,66 (Tabela 2). Em relação à acurácia total (*overall*), o valor foi de 0,88%, sendo a acurácia do produtor (*precision*) de 0,95%, a acurácia do usuário (*recall*) de 0,59% e o F-score de 0,73%. Já a classificação que fez uso do NDWI proposto por McFeeters teve um resultado de índice Kappa de 0,80, sendo um resultado bastante relevante. Em relação à acurácia total (*overall*) o valor foi de 0,94%, sendo a acurácia do produtor (*precision*) de 0,90%, a acurácia do usuário (*recall*) de 0,78% e o F-score de 0,84% (Tabela 2).

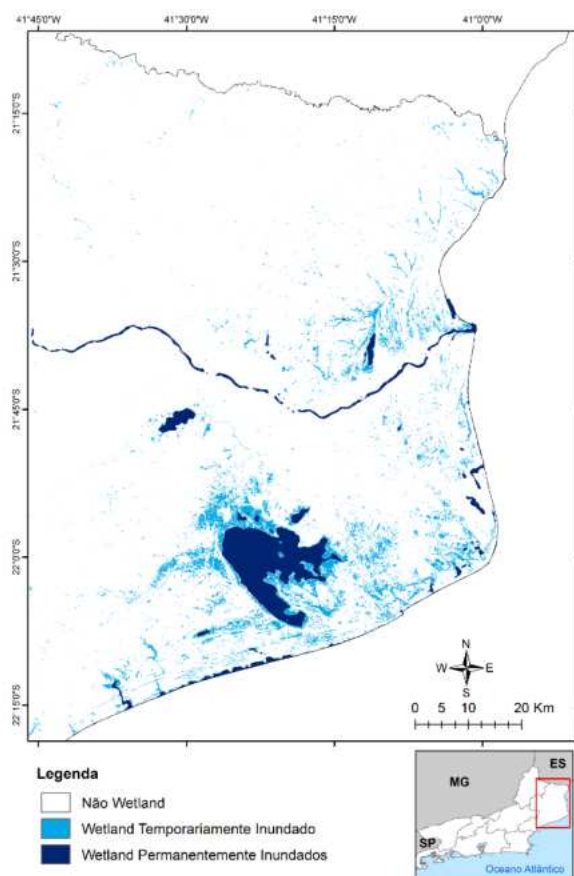


FIGURA 2 - Classificação de wetlands GAO.
Elaboração própria (2023).

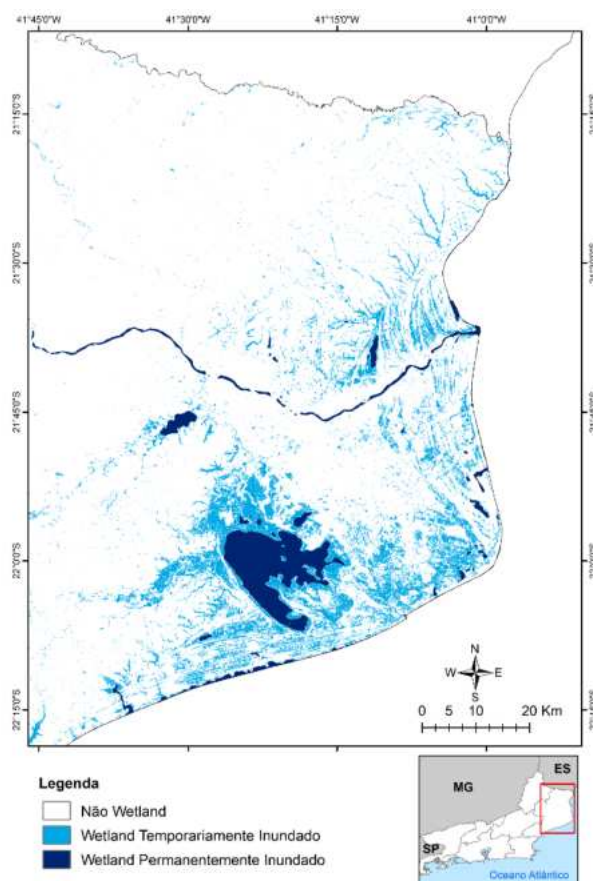


FIGURA 3 - Classificação de wetlands McFeeters.
Elaboração própria (2023).

TABELA 2 - Tabela com os resultados de validação.

Parâmetros	Landsat McFeeters 2018	Landsat GAO 2018
	<i>Wetland</i> temporariamente inundado	<i>Wetland</i> temporariamente inundado
Exatidão Total	0,94	0,88
Índice Kappa	0,80	0,66

Elaboração própria (2023).

A classificação utilizando o índice NDWI de Gao teve erros em áreas, que foram classificadas como não *wetlands*, mas eram *wetlands* em áreas pastagem. A classificação utilizando o NDWI de McFeeters teve um melhor desempenho, tendo os menores valores, tanto das taxas de comissão, quanto das taxas de omissão. Esse melhor desempenho do índice elaborado por McFeeters pode ser justificado pelo uso da banda verde (B3), já que corpos d'água que possuem clorofila, como é o caso de muitos *wetlands* que possuem vegetação, apresentam reflectância bastante definida na região da banda verde (Lobo; Jorge, 2019).

Comparação entre as classificações

A partir das classificações geradas, foi realizada uma comparação (interseção), buscando comparar as classificações, no sentido do quanto elas convergiam e divergiam, ao se tratar das áreas classificadas como *wetlands*. É importante dizer que se utilizou o índice *Intersection over Union* (IoU), para buscar compreender melhor as relações de divergência e convergência, entre as classificações.

Em relação à correlação entre as classificações NDWI de Gao e NDWI de McFeeters (Figura 4), o valor convergente foi de 39,53% e o valor de divergência de 60,47%.

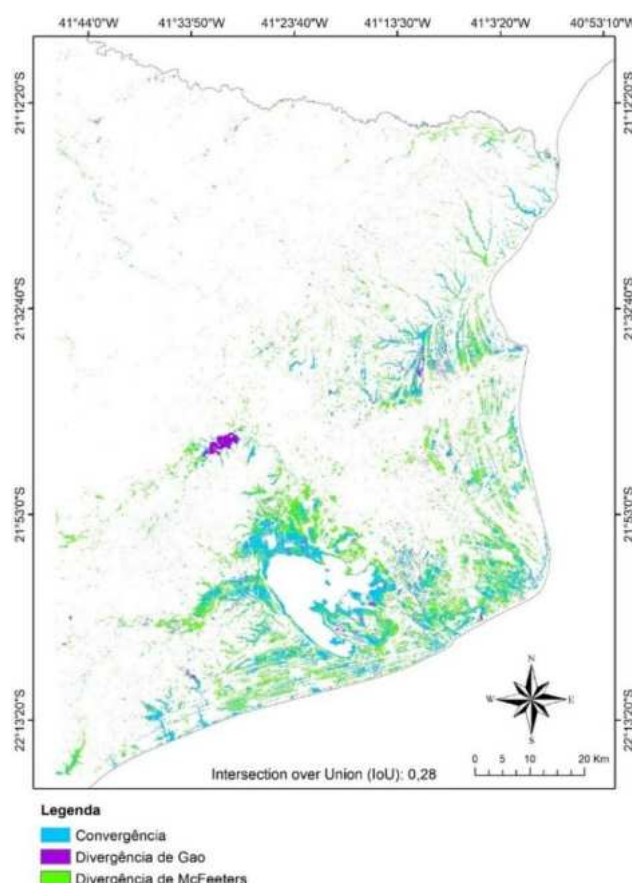


FIGURA 4 - Distribuição espacial das divergências e convergências nas classificações de NDWI de Gao (1997) e a utilizando o NDWI de McFeeters (1997). Elaboração própria (2023).

Analisando as divergências, cerca de 5,85% foram classificadas por Gao e 54,62% classificadas por McFeeters, demonstrando que o índice NDWI de McFeeters classificou bem mais áreas de *wetlands* do que o índice de Gao. Essa comparação entre NDWI de McFeeters e NDWI de Gao obteve um baixo valor no índice *IoU*, mostrando que a correlação entre essas classificações acaba possuindo um valor de 0,28, demonstrando que um índice classifica mais os *wetlands* do que outro.

A partir da análise do resultado, pode ser destacado que a classificação de NDWI de Gao apresentou resultado subestimado de *wetlands*, não considerando toda a dimensão de áreas inundáveis, existentes na área de estudo, mesmo com uma grande diversidade de amostras de treinamento para a classificação do objeto.

Já o NDWI de McFeeters obteve maior desempenho na classificação dos diferentes tipos de *wetlands* existentes na área de estudo. Logo, nas classificações de McFeeters, foram observados mais *wetlands* cobertos por vegetações adaptadas à inundações ou a solos hidromórficos, além de *wetlands* cobertos por vegetação rasteira, como são os casos de áreas de pastagens, que, sazonalmente, são

inundados no Norte Fluminense. Logo, essa pode ser considerada a principal contribuição do índice para a classificação de *wetlands*, tendo em vista, que não leva em consideração apenas a umidade, mas também as coberturas de vegetais existentes sobre o objeto.

CONCLUSÕES

Como contribuição principal desta pesquisa podemos apontar para a possibilidade de mapeamento de áreas úmidas ou *wetlands*, por meio de metodologias de sensoriamento remoto, utilizando o processamento em nuvem, como uma importante ferramenta metodológica para a classificação de séries temporais. Mapear os *wetlands* se mostrou um grande desafio metodológico, mas que pode ser considerado como sendo superado, tendo em vista, que foi possível gerar classificações distintas de áreas de *wetlands*. Entretanto, um ponto a ser destacado é a necessidade de adequação metodológica e utilização de muitas variáveis, de modo a chegar à classificação mais correta possível desses ambientes.

O mapeamento realizado, considerando a sazonalidade dos *wetlands*, foi de grande relevância para essa pesquisa, haja visto que esses *wetlands* foram mapeados num ciclo temporal de 12 meses, correspondentes ao ano de 2018. Também é importante destacar que a utilização de índices radiométricos foi fundamental para essa detecção, principalmente, o NDWI elaborado por McFeeters (1996), que, relacionado ao sensor ótico, obteve os melhores resultados de classificação, permitindo uma classificação mais detalhada das áreas alagáveis, possibilitando uma maior identificação dessas áreas.

É possível dizer que essa pesquisa contribui para dar visibilidade às áreas de *wetlands*, dando ênfase ao recorte espacial no estado do Rio de Janeiro e demonstrando que essas áreas são importantes ecossistemas, que possuem significativa relevância ambiental e socioeconômica, trazendo a voga, importantes discussões e medidas para a gestão desses ambientes, já mapeados e identificados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREIMAN, L. **Random forests**. Machine learning, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.
- BULLOCK, E.; OLOFSSON, P. **What is AREA2?** 2018. <https://area2.readthedocs.io/en/latest/overview.html>
- EOS DATA ANALYTICS. **Índice De Água De Diferença Normalizada (NDWI)**. <https://eos.com/pt/make-an-analysis/ndwi/>
- GAO, B.C. **NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space**. Remote sensing of environment, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.
- GOMES, C.S.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P. **Aparato conceitual sobre áreas úmidas (*wetlands*) no Brasil: Desafios e opiniões de especialistas**. ISSN: 1984-8501 Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 37, n. 3, p. 484-508, set./dez. 2017.
- LOBO, F.L.; JORGE, D.S. Processamento de dados, modelagem e mapeamento de parâmetros bio-ópticos. In: BARBOSA, C.C.F.; NOVO, E.M.L.M.; MARTINS, V.S. **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, p. 82-106, 2019.
- MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, p. 1425-1432, 1996.
- OLOFSSON, P. *et al.* Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote sensing of Environment**, v. 148, p. 42-57, 2014.
- RABELO, D.R., SANTOS, M.R., SOUSA FILHO, M.R. Análise comparativa dos dados pluviométricos de satélite e de superfície em bacia hidrográfica semiárida. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.3, n.1, p. 63-75, 2022.
- SECRETARIA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. **Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)**, 6. ed. Gland (Suiza): Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013.

CAPÍTULO 81

CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE IMAGEM OLI/LANDSAT-8 USANDO O GOOGLE EARTH ENGINE

Matheus Lima de Oliveira¹

Gustavo Mota de Sousa¹

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. matheus06lima08oliveria@gmail.com; gustavoms@ufrjr.br.

RESUMO

O mapeamento de uso e cobertura da terra é de extrema importância, em análises e estudos para diversos setores da sociedade, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais. Há uma necessidade, cada vez maior, de realizar este tipo de mapeamento, à medida em que a sociedade se apropria do espaço em que vive e o transforma. O acesso facilitado a novas técnicas de sensoriamento remoto tornam, cada vez mais eficazes, o processo de mapeamento, assim como a disponibilidade de plataformas de processamento como o Google Earth Engine (GEE). O GEE é uma ferramenta de processamento de dados espaciais em nuvem, que utiliza a linguagem de programação. O objetivo deste trabalho é a produção de um mapa de uso e cobertura da terra do Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro (OMRJ), utilizando o sistema de informação geográfica QGIS, a partir da classificação supervisionada de imagens de satélite Landsat 8, realizada com o GEE, por meio do algoritmo *Random Forest*. Com o GEE, foi possível obter uma acurácia global de 0,95, que mostrou-se de fácil usabilidade, permitindo a realização de diversas alterações durante o processo, em busca de melhores resultados.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; GEE; classificação de imagens; OMRJ.

ABSTRACT

Land use and land cover mapping are extremely important in analysis and studies for different sectors of society, whether economic, social or environmental. There is an increasing demand for mapping surface changes as society transforms the environment. Google Earth Engine (GEE) is a cloud-based spatial data processing tool that uses programming language. New remote sensing techniques make the mapping process increasingly effective, as the availability of processing platforms such as Google Earth Engine (GEE). The aim of this work is to produce a land use and land cover map of the Metropolitan West of Rio de Janeiro (OMRJ) on QGIS software, using supervised classification of Landsat 8 satellite images, performed with GEE with Random Forest algorithm. It was possible to obtain a global accuracy of 0.95 with GEE, which proved to be user-friendly, allowing real time adjustments to achieve better results.

Keywords: remote sensing; GEE; image classification; OMRJ.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, bem como o desenvolvimento humano, econômico e tecnológico, levam a uma necessidade, cada vez maior, da sociedade por recursos naturais. Estima-se que, até 2050, a população mundial chegue a 10 bilhões de habitantes e, conseqüentemente, com maior demanda por recursos, como jamais visto. Para atender a essa demanda, há uma crescente exploração da natureza, com transformações realizadas na paisagem. Assim, a sociedade muda constantemente o espaço em que vive (The Nature Conservancy, 2019).

Informações acerca destas mudanças são importantes para diversos estudos, como no gerenciamento de recursos renováveis, na classificação e avaliação de recursos terrestres, no mapeamento de uso do solo e no monitoramento de áreas de vegetação e plantações. As imagens de satélites destas regiões são a maior fonte de informação sobre suas características e evolução; entretanto, essas imagens precisam ser tratadas, para que sejam obtidos dados utilizáveis (Nishida; Bastos, 1998).

A possibilidade de acesso, cada vez maior, a imagens de satélites, junto com o desenvolvimento de *softwares* e *plugins* para processamento e análise de imagens, tornam estes estudos, cada vez mais, viáveis, abrangentes e precisos. Nesse contexto, as técnicas de sensoriamento remoto são ferramentas de grande importância. O sensoriamento remoto é o processo de obtenção de informações sobre a superfície terrestre, sem a necessidade de contato com os objetos, utilizando sensores, a bordo de satélites (Rudorff, s.d.).

Com o propósito de juntar informações sobre os recursos naturais do planeta, por meio de sensoriamento remoto, a missão *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat), em colaboração com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e com o *U.S. Geological Survey* (USGS), lançou seu primeiro satélite Landsat em 1972, como apresentado na Figura 1, na época chamado de *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS-1). Atualmente, em seu nono satélite, a missão Landsat continua coletando informações da superfície com seus sensores e espera-se que seja lançado mais um satélite em 2030 (NASA, s.d.).

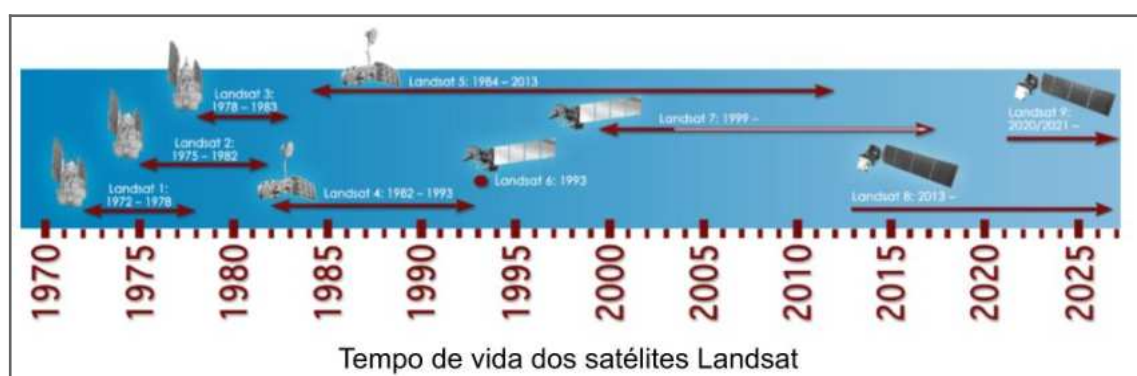


FIGURA 1 - Linha do tempo dos satélites Landsat. Fonte: Adaptado de NASA (2013).

Um dos satélites mais recentes, lançado em 2013, é o Landsat 8, que possui a bordo o sensor *Operational Land Imager* (OLI), capaz de fornecer resolução suficiente para distinguir características de interesse, como centros urbanos, fazendas, florestas e outros usos da terra (NASA, s.d.).

Uma das técnicas mais utilizadas em sensoriamento remoto, é a técnica de classificação de imagens, ou um processo de extração de informação utilizável, a partir de uma imagem. Nesta técnica, os *pixels* são agrupados em classes, por meio de amostras de treinamento, coletadas pelo usuário, tratando-se de uma classificação supervisionada. Quando a separação não é realizada com a coleta de amostras, mas sim, pela diferenciação automática de *pixels* pelo computador, trata-se de classificação não supervisionada (Quartaroli; Batistella, 2006). Neste processo, são utilizados algoritmos para nomear os *pixels* em uma imagem, de forma a representar tipos específicos de cobertura terrestre (Santos et al., 2019).

O Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma de *Big Data* e *cloud computing*, utilizada na classificação supervisionada de imagens. Ela possui uma grande variedade de catálogos de imagens e dados espaciais, em escalas planetária e multi-temporal, que podem ser usados para detectar mudanças na superfície do planeta (Gorelick, 2016). O catálogo de imagens do GEE inclui imagens Landsat. Com o GEE, é possível realizar uma grande quantidade de análise de dados, uma vez que seu processamento em nuvem dispensa a necessidade de processamentos mais pesados, além de não haver a necessidade de baixar as imagens de satélite, antes de serem processadas, podendo ser acessadas diretamente de sua base de dados (Ferraz, 2023). O GEE utiliza algoritmos de *machine learning* no processo de classificação de imagens. Um destes algoritmos, é o *Random Forest*, que utiliza subconjuntos de dados de treinamento, a fim de construir uma série de árvores de decisão, de maneira aleatória, para analisar os dados.

No presente trabalho, a região de interesse é o Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro (OMRJ). Essa sub-região, cujos limites foram propostos por Oliveira (2015) e Silva (2020), compreende a totalidade de cinco municípios: Itaguaí, Seropédica, Paracambi, Queimados e Japeri, e a porção oeste dos municípios de Nova Iguaçu e Rio de Janeiro, como pode ser visto na Figura 2.

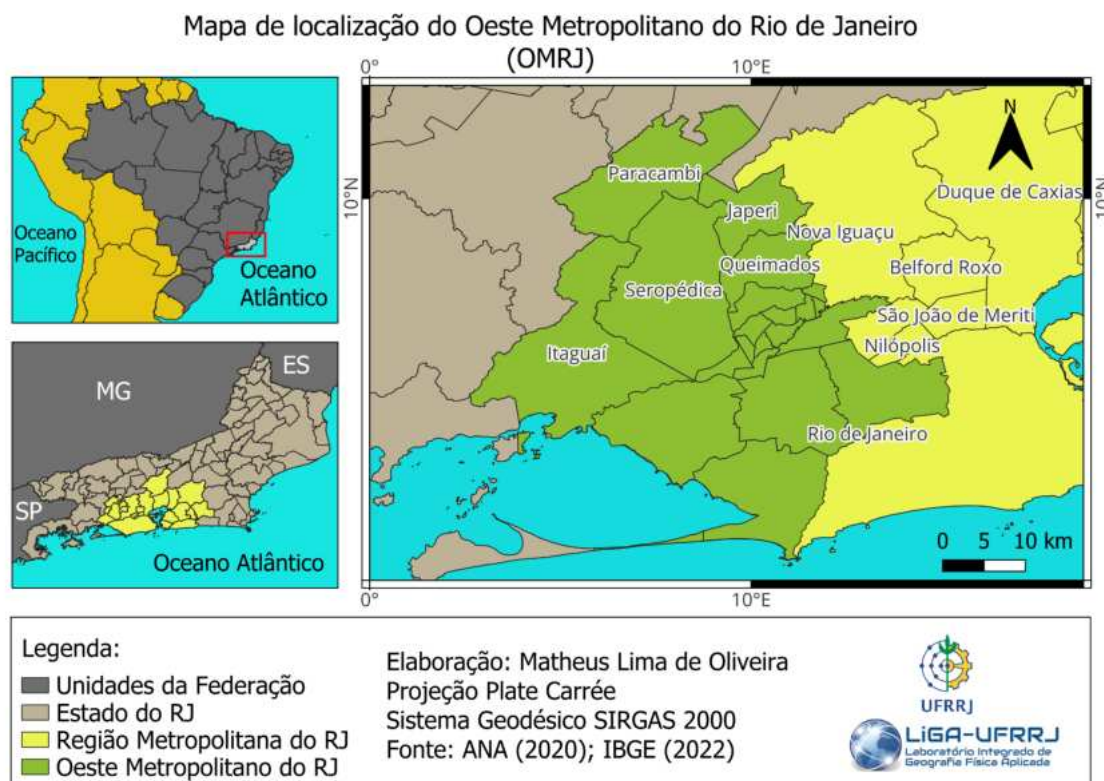


FIGURA 2 - Mapa de localização do OMRJ. Elaboração própria.

O OMRJ é uma região que sofreu (e vem sofrendo) grandes mudanças em sua paisagem, devido à construção de obras de infraestrutura, como o Arco Metropolitano, e ao avanço da atividade industrial nessa região, por meio de distritos e condomínios industriais (Oliveira, 2015). Portanto, é uma região de extrema importância e que demanda frequentemente estudos. Este trabalho tem por objetivo a classificação de imagens, obtidas pelo satélite Landsat 8, utilizando a plataforma Google Earth Engine e o algoritmo Random Forest, para a construção do mapa de uso e cobertura da terra do OMRJ.

METODOLOGIA

Um resumo da metodologia utilizada neste trabalho é apresentada no fluxograma da Figura 3.

Para a obtenção da imagem Landsat 8, foi utilizada a coleção de imagens de reflectância da superfície (USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1), presente no GEE. Nesta coleção foram aplicados três filtros: um filtro de cobertura de nuvem, na qual, foi utilizada uma cobertura máxima de 2% de nuvem na imagem; o segundo filtro, por data, aplicado de 01/01/2022 até 31/12/2022; e o terceiro o filtro, pela região de interesse, utilizando um arquivo vetorial (*shapefile*) do OMRJ.

Após a aquisição da imagem filtrada, foi iniciado o processo de coleta de amostras dos *pixels*, na qual os valores de *pixels* são usados para a identificação de amostras com espectro semelhante, por meio do algoritmo *Random Forest* (Ho, 1995). Foram utilizadas as bandas do visível (RGB), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (SWIR).

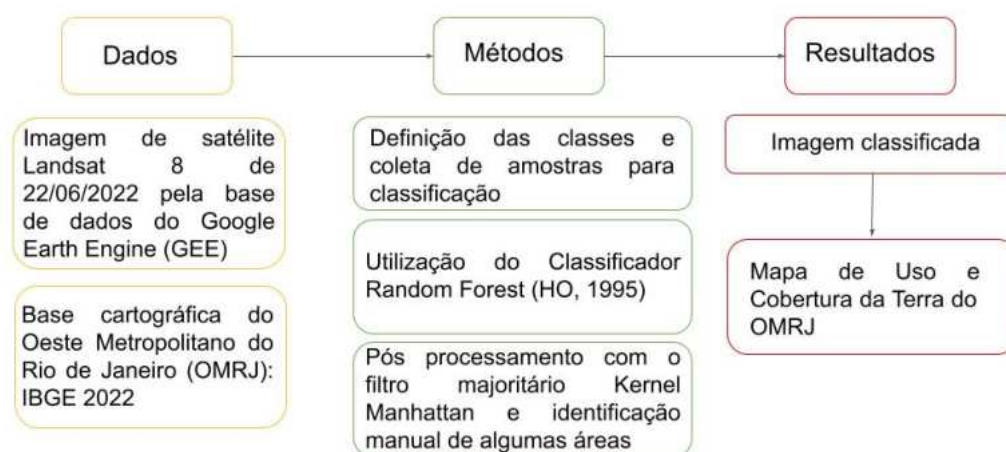


FIGURA 3 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

Onze classes foram definidas: área urbana, formação floresta, corpos d'água, solo exposto, mangue, gramínea, praia/areia, restinga, afloramento rochoso, apicuns e áreas de extração mineral/areia, para as quais, foram atribuídos valores de 0 a 9. Para áreas de extração de areia, como não foi possível a identificação automática, foi realizada posteriormente a classificação manual.

Com as amostras coletadas, é realizada aleatoriamente a separação de 70% das amostras para serem utilizadas na classificação e outras 30%, para serem utilizadas na validação, que serão usadas para mostrar a acurácia da classificação. Após a classificação, foi aplicado o filtro majoritário *Kernel Manhattan*, para reclassificar *pixels* isolados. Para a análise do resultado da classificação, foi calculada a acurácia global e a matriz de confusão de erro.

Com a etapa de classificação e validação concluídas, a imagem é exportada como um *raster* para o Google Drive, de onde, é realizado o *download* dessa para o computador. Após o *download*, a imagem classificada é inserida no *software* QGIS e convertida para o formato vetorial, sendo iniciado o processo de seleção manual dos polígonos que representam as áreas de 'Extração de Areia/Mineração'. Essas áreas são então transformadas em uma camada separada do restante das classes. Em seguida, a camada é convertida para *raster* e o mapa é construído, utilizando o *layout* de criação de mapas do QGIS. O QGIS é um *software* livre e de código aberto de sistema de informação geográfica (SIG), para visualização, edição e análise de dados georreferenciados (QGIS, s.d.).

RESULTADOS

Com a aplicação dos filtros de nuvem, data e região de estudo, foi obtida a imagem de 22/06/2022, que foi utilizada para classificação da região, como apresentado na Figura 4.

A Figura 5 apresenta a imagem antes (imagem A) e depois (imagem B) da aplicação do filtro majoritário *Kernel Manhattan*, na qual, é possível observar que a aplicação do filtro é essencial para um resultado melhor e mais polido da imagem classificada.

O mapa de uso e cobertura da terra (Figura 6), criado utilizando as ferramentas descritas anteriormente, no geral, mostra que todas as classes apresentaram grande acurácia, com poucas amostras classificadas erroneamente. Principalmente, as classes definidas como área urbana, floresta, corpos d'água, gramínea, restinga e apicuns, que apresentaram os melhores valores. As classes de solo exposto e areia/praias foram as classes que mais se confundiram durante o processo e a classe afloramento rochoso foi a que apresentou o pior desempenho (Figura 7).

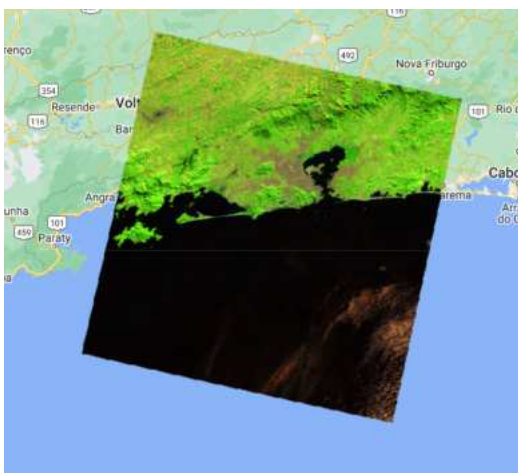
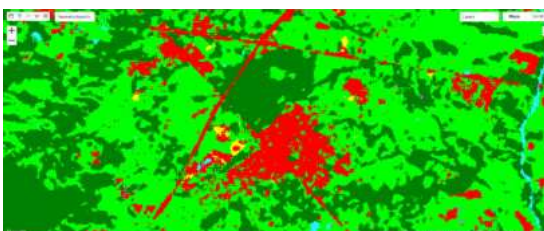


FIGURA 4 - Imagem do dia 22/06/2022. Elaboração própria.



A



B

FIGURA 5 - Antes (A) e depois (B) da aplicação do filtro *Kernel Manhattan*. Elaboração própria.

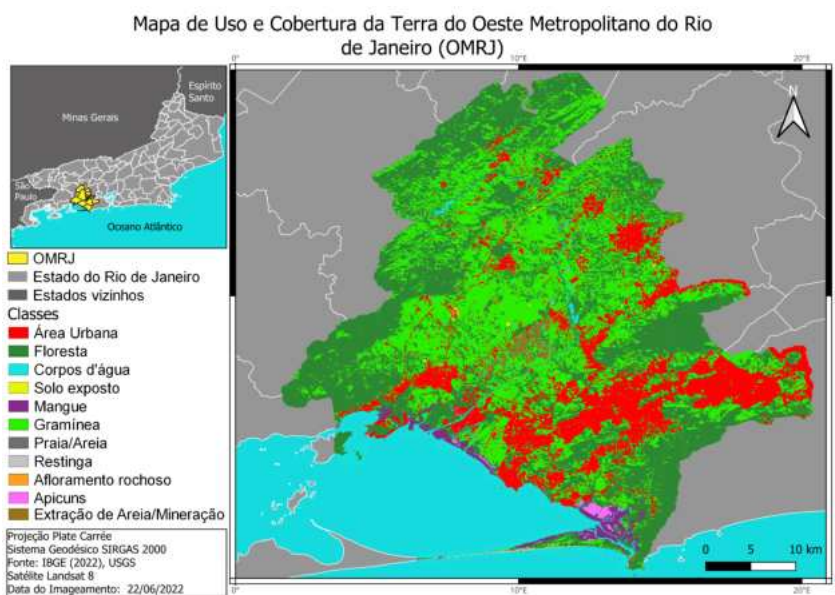


FIGURA 6 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra do OMRJ. Fonte: Elaboração própria.

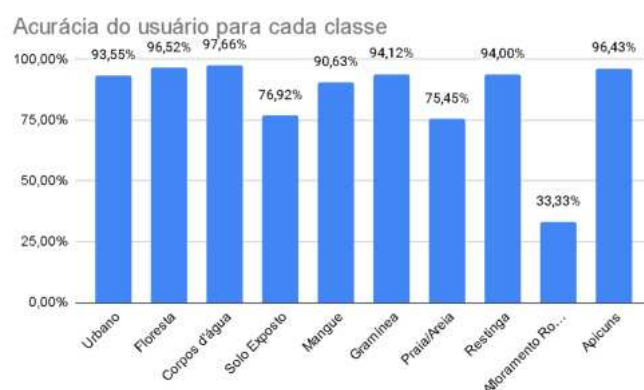


FIGURA 7 - Gráfico da acurácia do usuário. Elaboração própria.

A classe de Extração de areia/Mineração, como mencionado anteriormente, foi identificada manualmente. Isso se deve ao fato de essas regiões serem compostas basicamente de areia e água, levando a possibilidade de que seja confundida com outras classes existentes como, por exemplo, as regiões definidas como corpos d'água e areia/praias, impossibilitando sua identificação automática pelo computador.

Algumas das vantagens encontradas na utilização do GEE foram a grande disponibilidade de imagens em seu banco de dados e o seu *layout* simples, que tornaram o processo de classificação de imagens de fácil realização. Além da disponibilidade de dados e análise na nuvem, facilitando o processamento.

A operabilidade, por meio de linhas de código, possibilita a rápida alteração e edição do código, repetidamente, em busca de melhores resultados. Podem ser facilmente alteradas as bandas usadas na imagem, a porcentagem de amostras a serem separadas entre o processo de classificação e validação, a inserção de novas amostras, entre outros fatores, que podem ser analisados quanto à sua influência nos resultados.

CONCLUSÕES

O Google Earth Engine, através do algoritmo *Random Forest*, mostrou-se extremamente eficiente no processo de classificação supervisionada de imagens Landsat 8, apresentando uma acurácia global de 0.95 para as classes definidas na análise da região do OMRJ. A plataforma GEE, à medida em que permite a alteração de diversos parâmetros, em tempo real, tornou possível e eficiente, a busca por melhores resultados, ao longo do processo. O seu grande banco de dados e a fácil usabilidade tornam o GEE, uma plataforma excelente para diversas aplicações em sensoriamento remoto e análise de dados. Desta forma, sua contribuição para estudos de uso e cobertura da terra, em regiões de interesse, como o OMRJ e outras regiões, globalmente, é importante e merece a sua utilização, em diferentes áreas que lidam com dados geoespaciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERRAZ, K. Google Earth Engine: análise de dados geoespaciais em escala utilizando a nuvem do Google. Blog da GEO. *geoambiente*, 2023. <https://abrir.link/oCeOi>
- GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, jul. 2016.

- HO, T.K. Random Decision Forest. *In: Proceedings of the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition*, Montreal, 14-16 ago. 1995, p. 278-282.
- NASA. Landsat Timeline. **Landsat Science**, [S.l.], 21 jan. 2013. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/a-landsat-timeline/>
- NASA. Operational Land Imager. **Landsat Science**, [S.l.], [s.d.] <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/spacecraft-instruments/operational-land-imager/>
- NASA. Timeline. **Landsat Science**, [S.l.], [s.d.]. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/timeline/>
- NISHIDA, W; BASTOS, C.L. Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto Utilizando uma Rede Neural Artificial com Função de Base Radial. *In: Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, Brasil, 11-18 set. 1998, INPE, p. 991-1001.
- OLIVEIRA, L.D. A emersão da região logístico-industrial do Extremo Oeste Metropolitano fluminense: reflexões sobre o processo contemporâneo de reestruturação territorial-produtiva. **Espaço e Economia**, n. 7, 2015. <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.1814>
- QGIS. QGIS - A liderança do SIG de código aberto. [S.l.], [s.d.]. https://qgis.org/pt_BR/site/about/index.html
- QUARTAROLI, C.F.; BATISTELLA, M. **Classificação digital de imagens de sensoriamento remoto: tutorial básico**. Campinas: Embrapa, 2006. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102831/1/DOC-56-06.pdf>
- RUDORFF, B.F.T. Produtos de sensoriamento remoto, [S.l.], [s.d.]. <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#bernardo>
- SANTOS, A.S.R.M.; MAURO, T.L.; SOUZA, L.A.; SENIGALIA, R.L.C.; CASTRO, D.A.; SANTOS, E.S. Métodos de classificação supervisionada aplicados no uso e ocupação do solo no município de Presidente Médice – RO. **Revista Biodiversidade**, v. 18, n. 1, p. 150–159, 2019. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/8242>
- SILVA, M.R. Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro: debates sobre limites, fronteiras e territórios de uma região. **Espaço e economia**, n. 19, jul. 2020. <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.16343>
- THE NATURE CONSERVANCY. Um futuro onde pessoas e natureza prosperam é possível? **The Nature Conservancy**, 2019. <https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/artigos-e-estudos/um-futuro-onde-pessoas-e-natureza-prosperam-e-possivel/>

CAPÍTULO 82

COMPARAÇÃO DE DADOS RADIOMÉTRICOS OBTIDOS POR SENSOR MSI/SENTINEL-2 E CÂMERA DE SMARTPHONE

Priscilla Azevedo dos Santos¹

Igor Leite da Silva²

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Petrologia e Geotectônica. Pós-Graduação em Modelagem e Evolução Geológica (PPGMEG). BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. priscilla.agricart@hotmail.com.

2. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Matemática. Pós-graduação em Especialização em Estatística Aplicada (PPGEAp). BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. igorleite-ils@hotmail.com.

RESUMO

O avanço tecnológico e computacional tem aprimorado a coleta e análise de dados em sensoriamento remoto, democratizando o acesso a ferramentas científicas. Este estudo investiga o uso de aplicativos móveis para medições de irradiância e reflectância de superfície de alvos, comparando esses dados com os registros de sensor orbital. Dados de quatro distintas classes de alvos foram registrados nas imediações da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), utilizando câmeras de *smartphones*, equipados com os aplicativos Albedo e HydroColor. As coletas foram sincronizadas com a passagem do satélite Sentinel-2, garantindo condições consistentes de iluminação. Diferentes geometrias de aquisição foram testadas, a fim de explorar variações na irradiância e reflectância de superfície. Análises qualitativas do comportamento da função de distribuição de reflectância bidirecional (BRDF) foram realizadas, utilizando o *software* AnisView. Os resultados destacaram discrepâncias notáveis entre as medidas *in situ* e as obtidas por sensores orbitais, especialmente, em alvos aquáticos e de vegetação, atribuídas principalmente à resolução espectral menos refinada da câmera do *smartphone* e a efeitos ambientais (de borda e glint). Conclui-se que, apesar de práticos e acessíveis, os *smartphones* não substituem os sensores orbitais, em aplicações críticas para estudos em radiometria, devido às suas limitações técnicas. Recomenda-se expandir a pesquisa para outros dispositivos, classes de alvos e aplicativos.

Palavras-chave: câmera de *smartphone*; sensoriamento remoto; radiometria; aplicativos móveis; alvos terrestres.

ABSTRACT

Technological and computational advances have enhanced remote sensing data collection and analysis, democratizing the access to scientific tools. This study investigates the use of mobile applications for measuring targets' irradiance and surface reflectance, comparing the collected data with orbital sensor records. Data from four different targets' classes were recorded in the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) surroundings using a smartphone camera equipped with the Albedo and HydroColor applications. The collections were synchronized with Sentinel-2 satellite passage, ensuring consistent lighting conditions. Different acquisition geometries were tested to explore variations in targets' irradiance and surface reflectance. Qualitative analyses of the bidirectional reflectance distribution function (BRDF) behavior were conducted using the AnisView software. The results highlighted notable discrepancies between in situ measurements and those obtained by orbital sensors, especially in aquatic and vegetation targets, primarily attributed to the less refined spectral resolution of the smartphone camera and environmental effects (edge and glint). It is concluded that, despite being practical and accessible, smartphones do not replace orbital sensors in critical applications for radiometry studies due to their technical limitations. It is recommended to expand the research to other devices, target classes, and applications.

Keywords: *smartphone camera; remote sensing; radiometry; mobile APPs; ground targets.*

INTRODUÇÃO

O avanço nas geotecnologias possibilitou maior acesso do público científico a novas ferramentas, capazes de obter informações geoespacializadas, com acurácia e precisão conhecidas. Neste contexto, o uso de *smartphones*, aplicados a diversos fins, no meio acadêmico, se tornou mais popularizado e trouxe novas e otimizadas formas de se obter informações radiométricas de alvos, principalmente, a reflectância de superfície, em campos de investigação, em águas interiores, agricultura e outros, como mostrado, por exemplo, nas pesquisas de Leeuw e Boss (2018), Arai *et al.* (2019), Gao *et al.* (2020), Gorthi *et al.* (2021) e Gao *et al.* (2022).

O objetivo do presente trabalho é comparar os valores de reflectância, em níveis topo da atmosfera (*Top of Atmosphere* ou TOA) e de superfície (*Bottom of Atmosphere* ou BOA), obtidos por imagem satelital e por levantamento *in situ*, utilizando câmera de *smartphone* e aplicativos de mensuração radiométrica (Albedo e Hydrocolor), sob alvos na superfície terrestre. Para isso, diferentes tipos de alvos (classes de cobertura da terra) e geometrias de aquisição serão coletados na área de estudo escolhida, visando verificar a influência da geometria de aquisição na composição da função de distribuição de reflectância bidirecional (*Bidirectional Reflectance Distribution Function* ou BRDF) dos alvos estudados.

METODOLOGIA

A área de estudo é localizada nas dependências da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), escolhida, devido à presença de elementos naturais, que permitem a coleta de informações de diferentes tipos de alvos e facilidade de acesso. Os alvos escolhidos para a coleta de informações radiométrica (Figura 1) são descritos como: (I) alvo urbano - revestimento em concreto da quadra poliesportiva do Instituto de Educação Física; (II) alvo vegetação - grama baixa natural próxima ao lago do Instituto de Agronomia; (III) alvo aquático - corpo d'água, localizado no lago do Instituto de Agronomia; (IV) alvo solo exposto - solo exposto, contendo grama e palhada seca, localizado na porção frontal do prédio da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro).

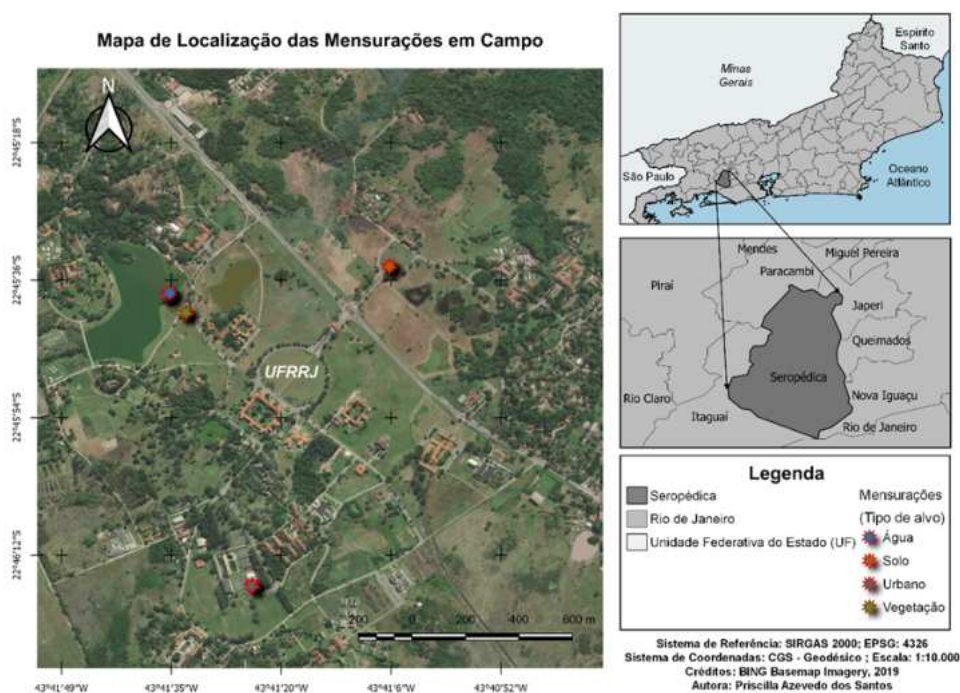


FIGURA 1 - Mapa de localização das mensurações em campo. Elaboração própria.

A primeira etapa envolveu a obtenção dos equipamentos e aplicativos para a realização da coleta *in situ*, que foram: um *smartphone* para o registro dos dados (Xiaomi Mi9 com sensor Sony IMX586 de 48MP); tripé para fixação do celular; planilha de campo impressa; prancheta e caneta para a anotação das informações coletadas; e cartão de balanço da marca Sodial, com tamanho de 4,5x8,5cm, nas cores branco (R-220, G-224, B223), cinza (R-162, G-162, B-160) e preto (R-16, G-16, B-15), com 18% de reflectância cada.

Em seguida, os aplicativos HydroColor (Leeuw, 2022) e Albedo (Leeuw, 2022) foram baixados da *Google Play Store* e configurados para o registro dos dados em campo. Para determinação do ângulo zenital e ângulo azimutal, os aplicativos Gyrocam (Francesco, 2022) e bússola (*built-in* do celular) foram obtidos. Para visualização da configuração espacial da BRDF, o *software* livre AnisView (Vogt et al., 2021) foi utilizado.

O planejamento do levantamento de campo baseou-se na disponibilidade da passagem dos satélites de interesse (Sentinel-2A ou Sentinel-2B ou Landsat 8 ou Landsat 9) na área de estudo. Este procedimento foi feito previamente à coleta, a fim de garantir que as condições de iluminação solar fossem iguais no momento de registro dos alvos, tanto de maneira orbital quanto proximal. Para verificar as datas e horários de passagem dos satélites, os *websites* das respectivas missões (Sentinel e Landsat) foram consultados. Segundo a disponibilidade, o satélite Sentinel-2A foi escolhido.

Consequente ao planejamento, a coleta em campo foi realizada, visando discriminar quatro alvos distintos, dentro das classes definidas, utilizando os aplicativos Albedo e HydroColor e considerando quatro diferentes geometrias de aquisição (ângulos zenital e azimutal variáveis). Com apoio de um tripé contendo nível de bolha, do giroscópio (GyroCam) e da bússola, os dados de campo foram coletados concomitantemente à passagem do satélite na área de estudo, sendo registrados, em planilha impressa, as informações relevantes (tipo de alvo, descrição do alvo, geometria de aquisição, posição geográfica e valores de reflectância). Para obtenção de diferentes geometrias de aquisição, foi utilizada a técnica de variar o ângulo zenital e azimutal, ao girar o *smartphone*, em torno do eixo do tripé. Para obtenção da reflectância dos alvos, com o uso dos aplicativos do celular, realizou-se o procedimento descrito por Leeuw e Boss (2018), no qual, é requerido o uso de um cartão de balanço, na cor cinza, com reflectância igual a 18%. Os dados registrados foram posteriormente compilados em planilha eletrônica e processados.

As imagens Sentinel-2A, em nível topo da atmosfera (TOA, nível 1C) e reflectância de superfície (BOA, nível 2A), foram obtidas no repositório Copernicus Sentinel Hub. Visando calcular a Irradiação Solar no Topo da Atmosfera (TOA), no momento da tomada de cada uma das quatro geometrias, dos diferentes tipos de alvos estudados; e ainda, para extrair as informações de refletância de superfície (BOA) do sensor do satélite, os dados coletados em campo e as imagens do sensor orbital foram processadas, via *script* em Python. As fórmulas usadas nos cálculos seguiram os procedimentos descritos por Lorenzetti (2015) e Iqbal (2012). Os resultados extraídos das imagens foram comparados com os resultados obtidos pelos aplicativos Albedo e HydroColor. Os valores das diferentes geometrias de aquisição foram inseridos no *software* AnisView para observar qualitativamente o comportamento da BRDF para cada tipo de alvo estudado. O fluxograma da metodologia descrita pode ser visto na Figura 2.



FIGURA 2 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

RESULTADOS

No total, vinte informações/mensurações de reflectância dos alvos foram obtidas, considerando-se quatro geometrias de aquisição distintas, seus respectivos desvios e valor médio (Tabela 1).

A maior dificuldade encontrada no levantamento foi a medição do corpo d'água, em regiões mais profundas, conforme recomendado por Leeuw e Boss (2018), devido à limitação local. Por serem realizadas na borda do lago, as medições sofreram interferência causada por algas na água.

Observando a Tabela 1, tem-se que os valores de reflectância, obtidos por ambos os aplicativos, para o alvo água foram bastante distintos. Isto se deve, provavelmente, ao fato de o aplicativo albedo não levar em consideração a medida da iluminação solar, já que, no momento da aquisição dos dados, o aplicativo HydroColor exige que, após a tomada da fotografia sob o cartão cinza, realize-se a tomada da fotografia do céu. Desta forma, o aplicativo permite que o alvo mensurado (a água) já esteja com o balanço ideal para que seja coletada de forma correta a reflectância do alvo. Entretanto, a reflectância é afetada em ambos os aplicativos pelo efeito glint, que é o efeito em que a radiação não atinge o "interior" do corpo d'água, sendo refletida nas primeiras camadas moleculares da superfície e, dessa forma, não interagindo com os Constituintes Opticamente Ativos (COAs) (Barbosa *et al.*, 2019). Nesse aspecto, quanto maior a área observada, maior a possibilidade de efeitos ambientais (como o *glint* gerado por ondas capilares – turbulência da água, velocidade do vento e efeito marginal vegetação-água são fatores a se considerar) corromperem a medida em campo. Logo, como a coleta das informações de reflectância na água teve influência da borda da margem do lado (grama baixa) e de algas no entorno, a reflectância, em ambos os aplicativos, pode ter sido afetada pelo efeito de mistura e glint, já que não foi possível também a tomada da mensuração em partes mais profundas do lago. Isto é acentuado para o albedo, que não quantifica a porção da iluminação solar (fotografia do céu) como o Hydrocolor faz, retornando valores de reflectância inconsistentes com a resposta da água na região do espectro visível. Os valores de reflectância para o aplicativo Hydrocolor (Tabela 1) estão mais condizentes do que para o aplicativo Albedo, pois na região do espectro visível, a água tem reflectância quase nula (devido à absorção), tendendo então à zero. As informações de irradiância solar e reflectância foram calculadas, a partir das imagens do MSI/Sentinel-2A, considerando a hora, data e a posição geográfica (principalmente, a latitude) relativa a cada geometria de aquisição dos alvos, no momento da coleta (Tabelas 2 e 3).

TABELA 1 - Reflectância media *in situ*, usando os aplicativos Hydrocolor e Albedo.

ID ¹	Tipo de alvo	Aplicativo usado	Geometria		Reflectância						
			Ângulo Zenital (°)	Ângulo Azimutal (°)	Broad	<i>R</i>	σ_R	<i>G</i>	σ_G	<i>B</i>	σ_B
1	água	albedo	15	322	0.930	1.000	----	1.000	----	0.770	----
2	água	albedo	30	290	0.800	1.000	----	1.000	----	0.280	----
3	água	albedo	20	314	0.900	1.000	----	1.000	----	0.650	----
4	água	albedo	90	344	0.100	0.140	----	0.130	----	0.030	----
5	grama	albedo	90	344	0.080	0.110	----	0.090	----	0.030	----
6	grama	albedo	15	183	0.120	0.160	----	0.150	----	0.040	----
7	grama	albedo	20	214	0.130	0.170	----	0.160	----	0.040	----
8	grama	albedo	30	64	0.100	0.130	----	0.120	----	0.030	----
9	água	hydrocolor	45	338	----	0.056	0.008	0.054	0.008	0.042	0.006
10	água	hydrocolor	45	8	----	0.016	0.002	0.015	0.002	0.009	0.001
11	água	hydrocolor	45	306	----	0.037	0.006	0.035	0.005	0.031	0.005
12	água	hydrocolor	45	4	----	0.039	0.006	0.037	0.006	0.025	0.004
13	concreto	albedo	15	275	0.560	0.660	----	0.590	----	0.420	----
14	concreto	albedo	20	189	0.250	0.290	----	0.260	----	0.210	----
15	concreto	albedo	30	32	0.440	0.550	----	0.450	----	0.330	----
16	concreto	albedo	90	284	0.310	0.400	----	0.320	----	0.230	----
17	solo exposto	albedo	15	72	0.110	0.160	----	0.120	----	0.050	----
18	solo exposto	albedo	20	31	0.530	0.890	----	0.610	----	0.120	----
19	solo exposto	albedo	30	334	0.520	0.870	----	0.590	----	0.110	----
20	solo exposto	albedo	90	243	0.070	0.100	----	0.080	----	0.020	----

Dados levantados às 13 PM UTC, do dia 24/03/2022 (dia juliano 83).

¹Refere-se à ordem de mensuração em campo. σ é o desvio-padrão. O aplicativo HydroColor registra apenas informações de alvos aquáticos. Elaboração própria.

TABELA 2 - Irradiação no topo da atmosfera (TOA), obtida para a câmera do *smartphone* e sensor MSI/Sentinel-2, em composição RGB (vermelho, verde, azul).

ID ¹	Irradiância câmera (μ_c)	Irradiância imagens (MSI/Sentinel-2)				Diferença ($\mu_{\text{RGB}} - \mu_c$)
		<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>	μ_{RGB}	
1	1191,397	1470,000	1784,000	1410,000	1554,667	363,270
2	1188,363	1470,000	1784,000	1410,000	1554,667	366,304
3	1185,462	1298,000	1504,000	1265,000	1355,667	170,205
4	1172,573	1450,000	1820,000	1384,000	1551,333	378,761
5	1163,703	1664,000	1720,000	1422,000	1602,000	438,297
6	1085,237	1664,000	1720,000	1422,000	1602,000	516,763
7	1082,464	1664,000	1720,000	1422,000	1602,000	519,536
8	1080,259	1740,000	1842,000	1507,000	1696,333	616,074
9	1063,253	1450,000	1820,000	1384,000	1551,333	488,081
10	1058,516	1450,000	1820,000	1384,000	1551,333	492,817
11	1055,229	1450,000	1820,000	1384,000	1551,333	496,104
12	1051,440	1450,000	1820,000	1384,000	1551,333	499,894
13	1028,899	3968,000	3850,000	3534,000	3784,000	2755,101
14	1026,091	3968,000	3850,000	3534,000	3784,000	2757,909
15	1023,215	3968,000	3850,000	3534,000	3784,000	2760,785
16	1017,118	3588,000	3592,000	3208,000	3462,667	2445,549
17	858,812	1875,000	1841,000	1518,000	1744,667	885,854
18	855,382	1875,000	1841,000	1518,000	1744,667	889,285
19	853,629	1875,000	1841,000	1518,000	1744,667	891,038
20	849,232	1875,000	1841,000	1518,000	1744,667	895,435

¹ID referente à Tabela 1. μ_c é a média dos valores de irradiância TOA para a câmera do *smartphone* (não há separação dos canais na imagem). μ_{RGB} é a média dos valores de irradiância TOA calculados para as imagens do sensor MSI. Elaboração própria.

TABELA 3 - Reflectância de superfície (BOA) obtida para câmera do smartphone e sensor MSI/Sentinel-2, em composição RGB (vermelho, verde, azul).

ID ¹	Reflectância de Superfície câmera			Reflectância de Superfície imagens (MSI/Sentinel-2)			Diferença ($\mu_{RGB} - \mu_c$)		
	<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>	<i>D_R</i>	<i>D_G</i>	<i>D_B</i>
1	1,000	1,000	0,770	0,143	0,174	0,138	-0,857	-0,826	-0,633
2	1,000	1,000	0,280	0,143	0,174	0,138	-0,857	-0,826	-0,143
3	1,000	1,000	0,650	0,143	0,174	0,138	-0,857	-0,826	-0,513
4	0,140	0,130	0,030	0,143	0,176	0,137	0,002	0,046	0,107
5	0,110	0,090	0,030	0,166	0,175	0,143	0,056	0,085	0,113
6	0,160	0,150	0,040	0,166	0,175	0,143	0,006	0,025	0,103
7	0,170	0,160	0,040	0,166	0,175	0,143	-0,004	0,015	0,103
8	0,130	0,120	0,030	0,207	0,209	0,168	0,077	0,089	0,138
9	0,056	0,054	0,042	0,143	0,176	0,137	0,087	0,122	0,095
10	0,016	0,015	0,009	0,143	0,176	0,137	0,127	0,161	0,128
11	0,037	0,035	0,031	0,143	0,176	0,137	0,106	0,141	0,106
12	0,039	0,037	0,025	0,143	0,176	0,137	0,104	0,139	0,112
13	0,660	0,590	0,420	0,358	0,343	0,311	-0,302	-0,247	-0,109
14	0,290	0,260	0,210	0,358	0,343	0,311	0,068	0,083	0,101
15	0,550	0,450	0,330	0,358	0,343	0,311	-0,192	-0,107	-0,019
16	0,400	0,320	0,230	0,322	0,310	0,283	-0,078	-0,010	0,053
17	0,160	0,120	0,050	0,188	0,184	0,154	0,028	0,064	0,104
18	0,890	0,610	0,120	0,188	0,184	0,154	-0,702	-0,427	0,034
19	0,870	0,590	0,110	0,188	0,184	0,154	-0,682	-0,407	0,044
20	0,100	0,080	0,020	0,188	0,184	0,154	0,088	0,104	0,134

¹ID referente à Tabela 1. Elaboração própria.

Os valores obtidos de TOA (Tabela 2) na imagem apresentaram diferenças expressivas, em relação aos obtidos em campo. Uma explicação para isto, pode ser o fato da câmera do *smartphone* possuir uma resolução espectral menos sensível (pouco refinada), do que a do sensor orbital, levando assim, à diferença entre os valores comparados. O sensor orbital quantificou maior quantidade de irradiação solar no topo da atmosfera, do que a câmera do *smartphone*, o que mostra limitações dessa tecnologia. Além disto, no cálculo da irradiância solar, há a limitação do processamento computacional, o qual pode levar ao arredondamento de valores, que impactarão no valor final estimado da reflectância de superfície. E ainda, os valores de TOA e BOA para o solo exposto foram os que apresentaram maior discrepância, conforme estimado pela câmera e pelo sensor orbital (Tabelas 2 e 3).

Alguns dos alvos mensurados (vegetação e solo exposto) estavam posicionados em distâncias muito próximas no campo, variando pouco a latitude e longitude e localizando-se no mesmo *pixel* de referência na imagem. Como a informação de um *pixel* é uma média pontual da irradiância medida, o resultado é uma mistura espectral na resposta dos alvos.

Outra questão é que, mesmo com a variação ângulo azimutal e a fixação do ângulo zenital em 45° (Tabelas 1 e 2), os valores de irradiância solar calculados foram discrepantes para o alvo água, estimado pelo HydroColor. Variando o ângulo azimutal e zenital (15°, 20°, 30° e 90°) com o Albedo, os valores estimados se mostraram mais próximos. Isto pode ser uma resposta do efeito glint e aos fatores citados anteriormente (por exemplo, a mensuração do alvo na borda do lago).

Para a reflectância de superfície (BOA) (Tabela 3), os valores obtidos, por ambos os sensores, foram discrepantes entre si, porém, menos expressivos do que para os valores TOA. As maiores variações foram identificadas para os alvos mensurados pelo aplicativo Albedo, em face do aplicativo Hydrocolor.

Por fim, no *software* AnisView, foram calculados os parâmetros estatísticos da BRDF de campo, segundo Schaepman-Strub (2006) e Jensen e Schill (2000), sendo requeridos: o ângulo zenital de iluminação solar (θ_0), o ângulo zenital de observação (θ) e o ângulo azimutal relativo (φ). Os valores relativos à posição solar foram obtidos da calculadora online da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (<https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/azel.html>). Como resultados qualitativos, o BRDF estimado por satélite mostraram-se distintos dos valores mensurados em campo, em relação às suas quatro geometrias de aquisição. Uma possível explicação, é que os valores medidos pela câmera são integrados no ângulo sólido de visada (em estereoradianos, sr^{-1}), enquanto os dados orbitais (em unidade de trabalho, W.m^{-2} - irradiância) obtêm esses valores, pela integração da radiação solar no intervalo da resposta espectral, que atinge o sistema-sensor, retornando um valor médio, consideravelmente maior, do que no sensor em campo. E ainda, diferentes geometrias implicam em diferentes posições geográficas, em relação ao sol, impactando a resposta do alvo, que é máxima, ao nadir; e varia para mais ou menos, dependendo da posição de retroespalhamento ou espalhamento frontal, na qual, o alvo se encontra, frente ao sol. Lembrando também que o BRDF (sr^{-1}) é função direta da geometria de aquisição, variando conforme a irradiância solar e a radiância registrada pelo sensor, com base no ângulo zenital e azimutal solar e, ainda, no ângulo azimutal e zenital do alvo de interesse (JENSEN; SCHILL, 2000). Logo, como a irradiância solar TOA e BOA foram subestimadas para a câmera do *smartphone* (Tabelas 2 e 3), a BRDF é impactada também com uma subestimação.

CONCLUSÕES

O trabalho aponta as dificuldades e desafios, em realizar medições *in situ*, em comparação com as medições realizadas por satélites, ressaltando os cuidados na hora de coletar os dados (condições climáticas e meteorológicas, resolução espacial do sensor do satélite, entre outros) e as variáveis que potencialmente influenciam a tomada das medições (misturas de alvos, sombreamentos, efeito de borda e *glint*). Variando-se as geometrias de aquisição, pode-se observar diferenças nos valores registrados pelos aplicativos HydroColor e Albedo; e ainda, entre os da câmera e do sensor orbital. O resultado apresenta discrepâncias nos valores de TOA e BOA e impactam a composição do BRDF dos alvos. O uso de *smartphones* e aplicativos livres são uma opção viável para estudos do comportamento radiométrico. Para trabalhos futuros, recomenda-se expandir a pesquisa para outros dispositivos, classes de alvos e aplicativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAI, K.; SHIGETOMI, O.; MIURA, Y.; YATSUDA, S. Smartphone image based agricultural product quality and harvest amount prediction method. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)**, v. 10, n. 9, 2019.
- BARBOSA, C.C.F.; MORAES NOVO, E.M.L.; MARTINS, V.S. (ed.). **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações**. São José dos Campos: INPE, 2019.
- FRANCESCO, G. **Gyrocarn (version 1.3.2)** [Mobile App]. App Store, 2022.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.viperproject.gyrocarn>
- GAO, M.; LI, J.; ZHANG, F.; WANG, S.; XIE, Y.; YIN, Z. & ZHANG, B. Measurement of water leaving reflectance using a digital camera based on multiple reflectance reference cards. **Sensors**, v. 20, n. 22, p. 6580, 2020.
- GAO, M.; LI, J.; WANG, S.; ZHANG, F.; YAN, K.; YIN, Z.; XIE, Y. & SHEN, W. Smartphone–Camera–Based Water Reflectance Measurement and Typical Water Quality Parameter Inversion. **Remote Sensing**, v. 14, n. 6, p. 1371, 2022.
- GORTHI, S.; SWETHA, R. K.; CHAKRABORTY, S.; LI, B.; WEINDORF, D. C.; DUTTA, S.; BANERJEE, H. & MAJUMDAR, K. Soil organic matter prediction using smartphone-captured digital images: Use of reflectance image and image perturbation. **Biosystems Engineering**, v. 209, p. 154-169, 2021.
- IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. Elsevier, 2012.
- JENSEN, J. R.; SCHILL, S. R. Bidirectional reflectance distribution function (BRDF) characteristics of Smooth Cordgrass (*Spartina alterniflora*) obtained using a Sandmeier field goniometer. **Geocarto International**, v. 15, n. 2, p. 23-30, 2000.
- LEEUEW, T. **Albedo: A Reflectance App (version 1.1)** [Mobile App]. App Store, 2022.
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.h2optics.albedo&hl=pt_BR&gl=S
- LEEUEW, T. **HydroColor: Water Quality App (version 2.3)** [Mobile app]. App Store, 2022.
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.h2optics.hydrocolor&hl=pt_BR&gl=US
- LEEUEW, T.; BOSS, E. The HydroColor app: Above water measurements of remote sensing reflectance and turbidity using a smartphone camera. **Sensors**, v. 18, n. 1, p. 256, 2018.
- LORENZZETTI, J.A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. Editora Blucher, 2015.
- SCHAEPMAN-STRUB, G.; SCHAEPMAN, M. E.; PAINTER, T. H.; DANGEL, S. & MARTONCHIK, J. V. REFLECTANCE quantities in optical remote sensing - Definitions and case studies. **Remote sensing of environment**, v. 103, n. 1, p. 27-42, 2006.
- VOGT P.; VERSTRAETE, M.M. **AnisView (version 1.5)**. European Commission, 2012.
<https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/activities/lpa/anisview/>

CAPÍTULO 83

ESTADO DA ARTE DO USO DE SENSORES HIPERESPECTRAIS NO ESTUDO DE ÁREAS DE MANGUEZAIS

Wallace Araujo Ayres ¹

Rita Maria Cupertino Bastos ¹

Carla Bernadete Madureira ¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. wallaceayres.espaco.lab@gmail.com; ritamcuper@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

Os manguezais são ecossistemas vitais, que desempenham funções essenciais para o planeta e para as comunidades costeiras, e sua proteção e restauração são um imperativo para garantir um futuro sustentável para as próximas gerações. Técnicas de monitoramento são de extrema importância para sua preservação. Com o avanço da tecnologia, é possível a realização de novas técnicas, a fim de mitigar a destruição desse ecossistema. O sensoriamento remoto se torna, então, uma forma de alternativa, sendo uma ferramenta poderosa para a obtenção de informação sobre a superfície terrestre, por diversos meios de aquisição, permitindo a análise de diversos parâmetros ambientais e a geração de produtos e serviços, essenciais para diversos setores. Os sensores remotos hiperespectrais se destacam, como uma técnica inovadora, que vai além do sensoriamento remoto tradicional, oferecendo uma visão detalhada e rica em informações sobre a superfície terrestre. Ao capturar dados em centenas de faixas estreitas do espectro eletromagnético, essa tecnologia abre um leque de possibilidades, aprofundando a compreensão do meio ambiente e possibilitando soluções inovadoras para desafios complexos. Com isso, o presente estudo tem por objetivo explorar as potencialidades do uso de sensores hiperespectrais no estudo de áreas de vegetação de mangue.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; hiperespectral; análise bibliográfica; mangue.

ABSTRACT

Mangroves are vital ecosystems that perform essential functions for the planet and coastal communities and their protection and restoration are imperative to ensure a sustainable future for generations to come. Monitoring techniques are extremely important for their preservation. With the advancement of technology, it is possible to implement new techniques in order to mitigate the destruction of this ecosystem. Remote sensing then becomes a form of alternative, being a powerful tool for obtaining information about the Earth's surface through various means of acquisition, allowing the analysis of various environmental parameters and the generation of essential products and services for different sectors. Hyperspectral remote sensors stand out as an innovative technique that goes beyond traditional remote sensing, offering a detailed and information-rich view of the Earth's surface. By capturing data in hundreds of narrow bands of the electromagnetic spectrum, this technology opens up a range of possibilities, deepening understanding of the environment and enabling innovative solutions to complex challenges. Therefore, the present study aims to explore the potential of using hyperspectral sensors in the study of mangrove vegetation areas.

Keywords: remote sensing; hyperspectral; bibliographic analysis; mangrove.

INTRODUÇÃO

Manguezais, também conhecidos como florestas de mangues, ocupam áreas costeiras tropicais inundadas por água salobra e formam um ecossistema singular no bioma Mata Atlântica. Sua importância reside na rica biodiversidade que abriga, servindo como um berçário natural para diversas espécies marinhas. Aves, peixes, camarões, caranguejos e muitos outros organismos

encontram abrigo, alimento e estrutura para reprodução nesse ambiente crucial (Brandão, 2001). Conforme Odum (1988), o ecossistema manguezal se destaca, por sua base energética solar robusta, complementada por outras fontes naturais. Essa característica o torna um sistema altamente produtivo, gerando excedente de matéria orgânica, que pode ser exportado para outros sistemas ou armazenada internamente (Odum, 1988). Sendo assim, um sistema altamente produtivo e de grande importância para a dinâmica dos ecossistemas costeiros. Contudo, muitas zonas costeiras têm estado sob intensa pressão, devido ao rápido desenvolvimento urbano e industrial, agravado pela negligência dos órgãos públicos. Os manguezais foram sobreexplorados ou convertidos em outras formas de uso da terra, incluindo agricultura, aquicultura, desenvolvimento urbano e industrial, estradas e aterros costeiros.

A detecção remota é uma ferramenta valiosa para o estudo dos manguezais, permitindo a avaliação da riqueza de espécies, sua distribuição espacial, dominância e tipologia (verdadeiros mangais e espécies associadas). Além disso, o uso dessa tecnologia possibilita a análise da resposta e resiliência dos manguezais a diferentes tipos de estresse e perturbações (Lassalle, 2023). Sendo possível, por meio de sensores remoto, detectar nas plantas, elementos como carbono, nitrogênio e fósforo, em suas proporções específicas, que exercem significativa influência nas atividades fisiológicas, impactando diretamente o crescimento e o desenvolvimento da vegetação (Niklas, 2005), onde essa tecnologia contribui, nos permitindo analisar áreas de difícil acesso, como no caso dos manguezais.

O sensoriamento remoto hiperespectral se destaca por sua alta resolução espectral, com centenas ou milhares de bandas, oferecendo uma ferramenta poderosa para o monitoramento da estequiometria ecológica das folhas, incluindo a análise de nitrogênio e carbono. Essa precisão o coloca em vantagem em relação ao sensoriamento remoto multiespectral para este tipo de estudo (Zhang, 2020). A combinação de sensoriamento remoto hiperespectral para obter o espectro de reflectância da vegetação em zonas úmidas, juntamente com os dados coletados em parcelas de amostragem do solo, permite estabelecer correlações entre as características da planta e o espectro de reflectância. Essa informação fornece um embasamento para a inversão e estimativa das características da vegetação, em áreas pantanosas (Tang, 2022).

Assim, por meio de um levantamento abrangente da literatura científica, este estudo busca identificar as principais aplicações dos sensores hiperespectrais no estudo de manguezais, analisando as características principais de cada estudo, que permeiam essa área de pesquisa. A fim de fornecer uma visão abrangente do estado da arte e contribuir para o desenvolvimento de novas aplicações dessa tecnologia na gestão e conservação desses ecossistemas essenciais.

METODOLOGIA

Para análise do potencial dos sensores hiperespectrais no estudo de manguezais, foi realizado um levantamento bibliográfico através da plataforma *Web of Science*, tendo em vista, que a mesma concentra um elevado quantitativo de revistas acadêmicas. Além disso, inclui também trabalhos completos e resumos expandidos de eventos ao redor do mundo. A categoria de análise escolhida foi *remote sensing* (sensoriamento remoto) e foram filtradas as palavras-chave: *must include hyperspectral* (hiperespectral obrigatório) e *must include mangrove* (mangue obrigatório). Para fins de comparação, um filtro adicional com *must include hyperspectral* (hiperespectral obrigatório) e *must include vegetation* (vegetação obrigatório) também foi aplicado na área de *remote sensing* (sensoriamento remoto). Os resultados da busca foram coletados e analisados, extraindo informações importantes, tais como: títulos dos artigos, palavras-chave, resumos, satélites utilizados, suas respectivas bandas espectrais, resoluções espaciais, datas de publicação e objetivos dos estudos. Esses dados foram organizados em tabelas, nas quais, filtros adicionais foram aplicados, a fim de aprimorar a análise e o controle da informação, tais como: classificação pelo número de bandas espectrais (sensores multiespectrais, hiperespectrais ou ambos), altitude de aquisição de dados

(orbitais, aéreos ou terrestres) e outros critérios relevantes, que permitiram um exame mais profundo dos resultados. Por fim, gráficos e figuras foram elaborados, de modo a facilitar a compreensão e visualização das informações.

RESULTADOS

A análise dos dados revelou um panorama da pesquisa com sensores hiperespectrais, em manguezais e em áreas de vegetação no geral. Ao todo, foram levantados 3.282 artigos, referentes ao uso de sensores hiperespectrais, em estudos da vegetação, no geral. Nesse sentido, as publicações foram dispostas em função dos anos de publicação (Figura 1). O ano de 2019 se destaca com o maior número de publicações (233 artigos), seguido por 2021 (241 artigos).



FIGURA 1 - Gráfico de barras sobre a quantidade de artigos sobre o uso de sensores hiperespectrais com relação aos anos em vegetação no geral. Fonte: *Web of Science* (2024).

A primeira publicação no eixo de hiperespectral na cobertura vegetal consiste do ano de 1995 e o ano de 2019 se destaca com o maior número de publicações (233 artigos), seguido por 2021 (241 artigos). Além disso, em função dos países de filiação dos autores que falam sobre o uso de sensores hiperespectrais em vegetação como um todo publicados, onde cada barra no gráfico da Figura 2 representa a quantidade de artigos publicados por um país específico. É possível observar que a China se destaca como o país com o maior número de publicações (879 artigos), seguida pelos Estados Unidos (846 artigos), logo após a Alemanha, sendo o terceiro país com mais publicações (335). Nesse sentido, EUA e China somam 52,46% do total de artigos publicados.

O gráfico da Figura 3 revela a evolução do número de publicações sobre o uso de sensores hiperespectrais, em vegetação de mangue, no período de 2003 a 2024. O ano de 2014 se destaca no número de publicações, com 9 artigos.

O gráfico apresentado na Figura 4 revela a distribuição geográfica da pesquisa com sensores hiperespectrais em vegetação de mangue, com foco nos países que mais publicações realizaram no período analisado. A Índia e a China se destacam, como os países com maior número de publicações, com 22 artigos cada. Os Estados Unidos aparecem em terceiro lugar, com 17 publicações.

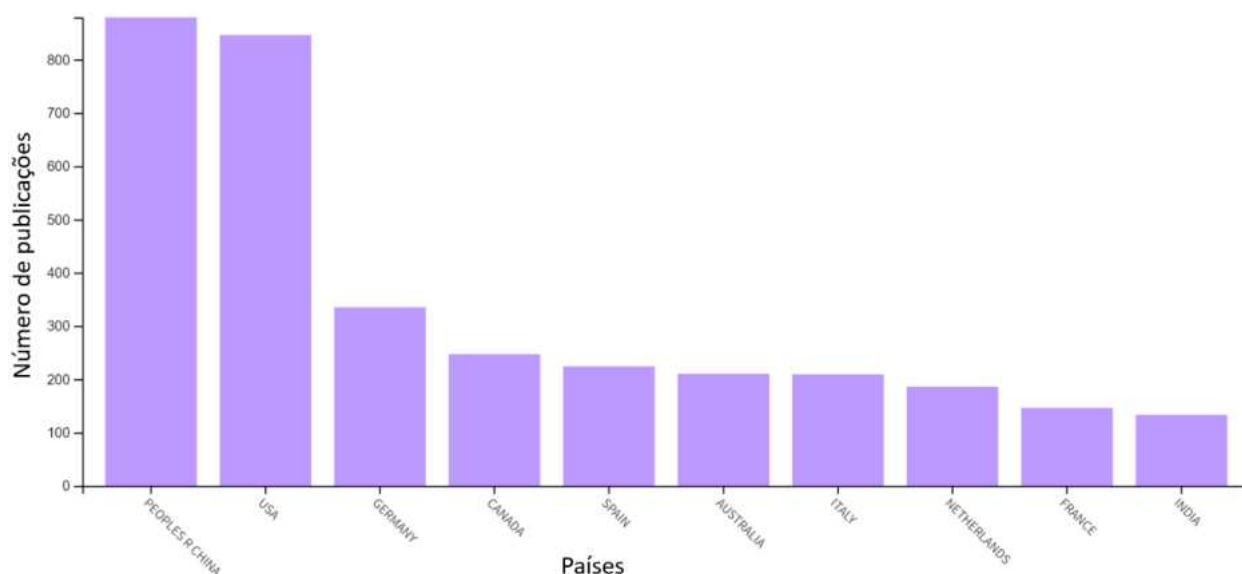


FIGURA 2 - Gráfico de barras sobre a quantidade de artigos sobre o uso de sensores hiperespectrais, com relação aos países em vegetação no geral. Fonte: *Web of Science* (2024).

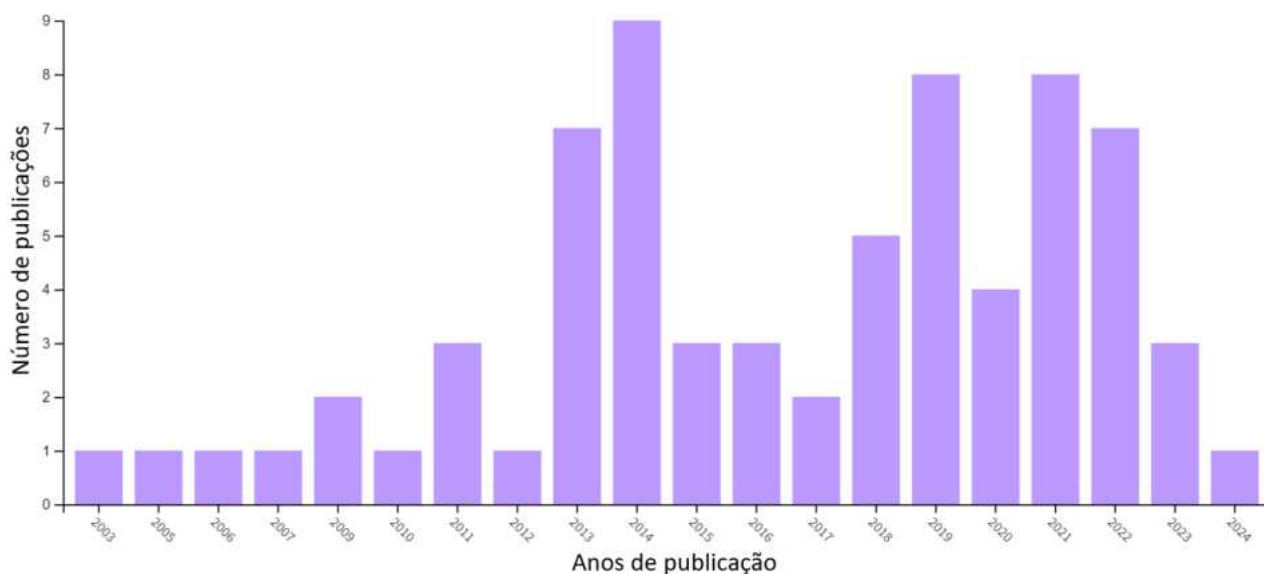


FIGURA 3 - Gráfico de barras sobre a quantidade de artigos sobre o uso de sensores hiperespectrais com relação aos anos em vegetação de mangue. Fonte: *Web of Science* (2024).

Somente 71 artigos falam sobre o uso desses sensores em áreas de mangue. O estudo pioneiro nessa área, publicado em 1997, foi (Held, 2003), quem explorou a possibilidade de combinar um scanner de alta resolução espacial/espectral, *Compact Airborne Spectrographic Imager* (CASI), com o radar polarimétrico da *National Aeronautics @ Space Administration* (AIRSAR), para mapeamento e monitoramento de estuários e manguezais. Ao longo da pesquisa, encontramos cinco artigos de revisão, que consolidam o conhecimento sobre a área, 44 artigos que utilizam exclusivamente sensores hiperespectrais, 22 artigos que combinam sensores hiperespectrais e multispectral, 15 artigos que empregam sensores hiperespectrais orbitais, 11 artigos que utilizam sensores hiperespectrais aéreos, 9 artigos que combinam sensores hiperespectrais orbitais e aéreos, além de 18 artigos que empregam sensores hiperespectrais terrestres.

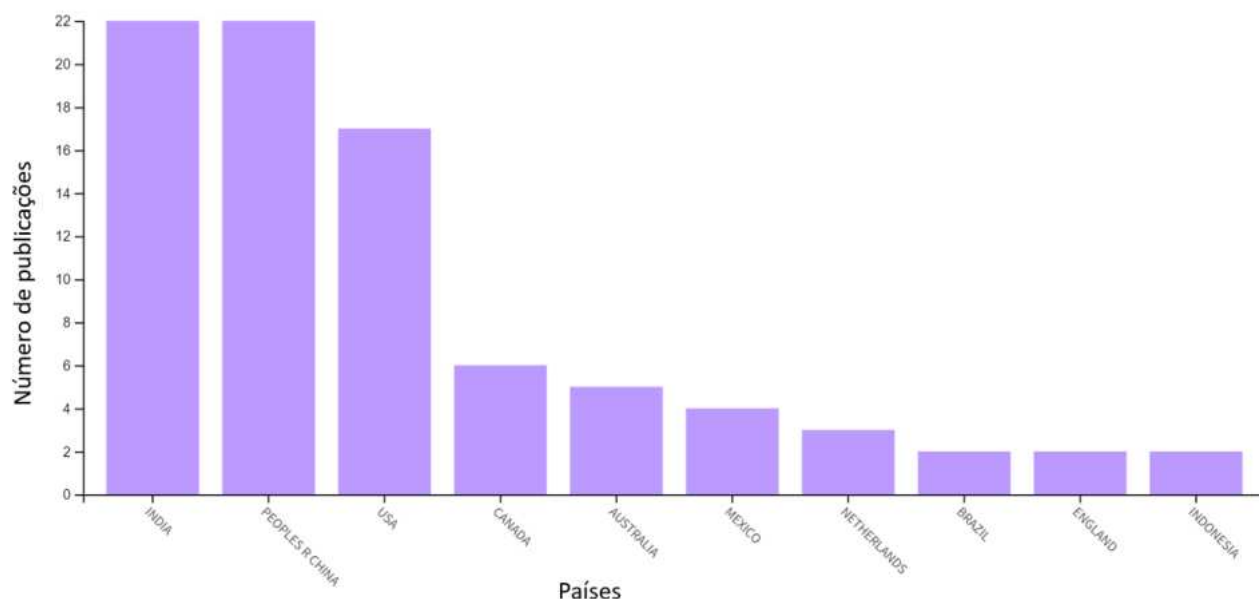


FIGURA 4 - Gráfico de barras sobre a quantidade de artigos sobre o uso de sensores hiperespectrais com relação aos países em vegetação de mangue. Fonte: *Web of Science* (2024)

Segundo os resultados, constatou-se que as principais aplicações da tecnologia hiperespectral em manguezais se dividem em:

- Hiperespectral + Multispectral: Mapeamento e comparações bibliográficas
- Hiperespectral Orbital: Monitoramento e mapeamento de mangue
- Hiperespectral Aéreo: Mapeamento de mangue
- Hiperespectral Terrestre: Comparação de métodos de classificação

No âmbito dos sensores hiperespectrais orbitais, o Hyperion se destaca como o mais utilizado. Já para os sensores hiperespectrais aéreos, CASI e AVIRIS lideram em frequência. Por fim, no contexto dos sensores hiperespectrais terrestres, os espectrorradiômetros ASD FieldSpec 4 e ASD FieldSpec® 3 JR se consolidam como as principais opções. Em relação à resolução espacial, os 30 metros (Hyperion) se configuram como a resolução mais utilizada.

Ambas as áreas demonstram um crescimento significativo no uso dessa tecnologia, evidenciado pelo aumento no número de publicações científicas. A análise da distribuição geográfica das publicações revela que os Estados Unidos, a China e a Alemanha se destacam no estudo da vegetação em geral, enquanto a Índia, a China e os Estados Unidos lideram o estudo de manguezais. A Alemanha se diferencia, por se destacar no estudo da vegetação, em geral, mas não figurar entre os líderes no estudo de manguezais, enquanto a Índia apresenta a situação inversa. A fim de observar as palavras-chave, que mais foram usadas nos estudos de mangue com sensores hiperespectrais, foi criada uma “nuvem de palavras” com as palavras chave presentes nos artigos analisados (Figura 5).

A análise da nuvem de palavras revela que o estudo de áreas de mangue com sensores hiperespectrais se baseia em metodologias avançadas de sensoriamento remoto e aprendizado de máquina, a fim de classificar tipos de cobertura vegetal, identificar as mudanças na estrutura florestal e avaliar a saúde dos manguezais. A combinação de dados hiperespectrais e LiDAR, juntamente com a utilização de índices de vegetação e técnicas de amostragem, contribui para uma análise completa e detalhada desse ecossistema.



FIGURA 5 - Nuvem de palavras com relação ao estudo de sensores hiperespectrais em áreas de mangue. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que, apesar do potencial significativo, a pesquisa com sensores hiperespectrais em áreas de mangue ainda é incipiente, em comparação ao uso de sensores hiperespectrais no estudo da vegetação no geral. A maioria dos estudos se concentra no monitoramento e mapeamento de manguezais, utilizando sensores orbitais como Hyperion e AVIRIS. No entanto, sensores aéreos e terrestres também apresentam potencial para aplicações específicas, como mapeamento de espécies vegetais e comparação de métodos de classificação. A análise da distribuição geográfica das publicações revela que os Estados Unidos e a China são os países que mais se destacam na área. Ambas as áreas apresentam aplicações em comum, como a identificação de espécies, o monitoramento da saúde da vegetação e o mapeamento de áreas degradadas. No entanto, o estudo de manguezais apresenta menor quantidade de artigos que utilizam este tipo de técnica para o estudo desse ecossistema.

A análise aprofundada dos resultados da busca permite identificar as principais lacunas de conhecimento nessa área, como a necessidade de desenvolver algoritmos mais eficientes para processamento e análise de dados hiperespectrais, a exploração de sensores com maior resolução espacial e temporal, além da realização de estudos, em diferentes tipos de manquezais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDÃO, E.J. O ecossistema manguezal: aspectos ecológicos e jurídicos. **Revista do Curso de Direito da UNIABEU**, v. 1, n. 2, p. 1-16, 2011.
- HELD, A. *et al.* Mapeamento de alta resolução de ecossistemas de manguezais tropicais usando sensoriamento remoto hiperespectral e radar. **Revista Internacional de Sensoriamento Remoto**, v. 24, n. 13, p. 2739-2759, 2003.
- LASSALLE, G. *et al.* Advances in multi-and hyperspectral remote sensing of mangrove species: A synthesis and study case on airborne and multisource spaceborne imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 195, p. 298-312, 2023.

- NIKLAS, K. *et al.*, Estequiometria foliar de nitrogênio/fósforo e a escala do crescimento das plantas. **Ecol. Lett.**, v. 8, n. 6, p. 636-642, 2005.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.
- TANG, X. *et al.* Predição hiperespectral de estequiometrias foliares de mangue em diferentes áreas de restauração com base em modelos de aprendizado de máquina. **Revista de Sensoriamento Remoto Aplicado**, v. 16, n. 3, p. 034525-034525, 2022.
- ZHANG, Y. *et al.* Avanços no sensoriamento remoto hiperespectral de características e funções da vegetação. **Remote Sens. Environ.**, v. 252, n. 1, 112121, 2020.

CAPÍTULO 84

IDENTIFICAÇÃO DE FAVELAS E COMUNIDADES URBANAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO EM IMAGENS DE SATÉLITE UTILIZANDO *MACHINE LEARNING*

Jedielso Sales de Souza¹

Andréa Diniz da Silva¹

Ian Monteiro Nunes²

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE). Rua André Cavalcanti, 106. Centro. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20231-050. jedielso@hotmail.com; andrea.silva@ibge.gov.br.

2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Pesquisa (DPE). Av. República do Chile, 500. Centro. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20031-170. ian.nunes@ibge.gov.br.

RESUMO

O artigo apresenta os procedimentos e resultados de um estudo para a identificação de favelas e comunidades urbanas no município do Rio de Janeiro, utilizando técnicas de aprendizado profundo aplicadas a imagens de satélite. O crescimento acelerado dessas áreas requer a implementação de políticas públicas adequadas para a prestação de serviços essenciais e complementares. Além disso, muitas favelas estão em regiões de risco, aumentando a necessidade de sua identificação precisa e ágil, para a prestação de serviços emergenciais em caso de desastres nessas áreas. Tradicionalmente, a identificação de tais áreas é feita de forma parcial ou esporádica, pelo IBGE ou por órgão municipal, mas nunca em tempo real. O uso de imagens de satélite para complementar ou atualizar o mapeamento dessas áreas mostra-se promissor, com aplicações ao redor do mundo. Neste estudo, realizado em quatro das cinco áreas de planejamento do município do Rio de Janeiro, o classificador U-Net foi utilizado para identificar automaticamente favelas e comunidades urbanas. Dentre as métricas utilizadas para avaliar o desempenho do classificador, um IoU de 0,7131 e um F1-Score de 0,6603 foram considerados satisfatórios. O notebook com código Python e resultados está disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1z5pt9fgXdppKTUY4VY2MvhRZBonqeKUh/view?usp=sharing>

Palavras-chave: favela; comunidade urbana; aprendizado profundo; segmentação semântica; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

The article presents the procedures and results of a study for identifying slums (favelas) and urban communities in the municipality of Rio de Janeiro, using deep learning techniques applied to satellite images. The rapid growth of these areas necessitates the implementation of appropriate public policies for the provision of essential and supplementary services. Furthermore, many favelas are in high-risk regions, increasing the need for their precise and swift identification to provide emergency services in case of disasters. Traditionally, the identification of such areas is carried out partially or sporadically by the IBGE or municipal bodies, but never in real-time. The use of satellite images to complement or update the mapping of these areas appears promising, with applications recognised worldwide. In the present study, conducted in four of the five planning areas of the municipality of Rio de Janeiro, the U-Net classifier was used for the automatic identification of favelas and urban communities. Among the metrics used to evaluate the performance of the classifier, an IoU of 0.7131 and an F1-Score of 0.6603 were considered satisfactory. The notebook with Python code and results is available at: <https://drive.google.com/file/d/1z5pt9fgXdppKTUY4VY2MvhRZBonqeKUh/view?usp=sharing>.

Keywords: slum; urban community; Deep Learning; semantic segmentation; Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado e desordenado apresenta desafios significativos para a gestão das cidades e o desenvolvimento sustentável. Segundo a ONU-Habitat (ONU Brasil, 2023), a população urbana deve aumentar de 56% do total global, em 2021, para 68%, em 2050. Para enfrentar esses

desafios, a ONU propôs a Agenda 2030, incluindo o Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, que visa tornar os centros urbanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Isso destaca a importância de identificar e monitorar assentamentos precários, como favelas e comunidades urbanas.

No Brasil, o crescimento das favelas é evidente, com dados do MapBiomas mostrando que a ocupação urbana em áreas de risco triplicou, entre 1985 e 2021 (MapBiomas, 2022). No Rio de Janeiro, foco deste estudo, a expansão dos assentamentos precários reflete a falta de políticas públicas e a negligência estatal, em fornecer infraestrutura e moradias adequadas. No final do século XIX, a capital brasileira viu a proliferação de cortiços, considerados focos de pobreza e epidemias. Leis proibindo cortiços e campanhas de demolição forçaram muitas famílias a se deslocarem para as periferias, originando os assentamentos, que evoluíram para favelas. O termo "favela" popularizou-se a partir de 1920, inicialmente, associado ao Morro da Providência.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é responsável pela produção dos indicadores do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11), obtendo dados dos Censos Demográficos do Brasil, realizados a cada dez anos. Contudo, desde o último Censo, à medida que o tempo passa, as informações tornam-se desatualizadas, subestimando a população urbana em assentamentos precários. O uso de imagens de satélite é uma estratégia valiosa para identificar e monitorar esses assentamentos nos períodos entre censos, oferecendo uma visão detalhada da ocupação do solo e das mudanças, ao longo do tempo, permitindo uma análise quase em tempo real.

Este estudo apresenta os resultados da aplicação de técnicas de aprendizado profundo, para identificar favelas e comunidades urbanas no Rio de Janeiro, usando imagens de satélite. Este trabalho, parte do Trabalho de Conclusão de Curso no bacharelado em Estatística da Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE/IBGE), visa contribuir para a identificação e monitoramento ágil da expansão e retração de favelas e comunidades urbanas, ajudando a cumprir os compromissos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

METODOLOGIA

No estudo, utilizamos uma imagem RGB, de três canais (vermelho, verde e azul), do município do Rio de Janeiro, obtida via satélite do Google, através do plugin QuickMapServices no sistema de informação geográfica (SIG) Quantum GIS (QGIS). A imagem, com resolução de 1 metro quadrado, foi ajustada para o sistema de referência EPSG 3183 (*Projected coordinate system for Greenland*), projeção UTM zona 23S, permitindo uma representação precisa da cidade do Rio de Janeiro e medições em metros. Selecionamos quatro das cinco Áreas de Planejamento (AP), definidas pela Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, refletindo a diversidade urbana da cidade.

Para facilitar a visualização e o processamento das imagens, criamos uma grade de quadrados de 512 por 512 metros, recortando a imagem original em 4647 imagens menores (Figura 1). Utilizamos classificadores automáticos para identificar áreas de favelas e comunidades urbanas, extraindo uma amostra de treinamento, baseada nas áreas classificadas como favelas pela Prefeitura, em 2019, e pelo IBGE, em 2022. A sobreposição dessas áreas com as imagens da grade resultou na seleção de 953 imagens, elegíveis para a amostra (Figura 2).

A amostragem estratificada foi empregada, com seleção das unidades por amostragem inversa, correspondendo a 30% das imagens de cada AP. Este método avalia individualmente as unidades, quanto à presença das variáveis de interesse, até que n unidades sejam selecionadas. Foram avaliadas 358 imagens das APs 1 a 4, selecionando 286 imagens (30%) para compor a amostra e criar as máscaras de referência por segmentação manual. Do total selecionado, 80% (229) foram usadas para treinar o modelo e 20% (57) para teste (Tabela 1).



FIGURA 1 - Grade de quadrados sobrepostos a cidade do Rio de Janeiro e suas Áreas de Planejamento. Elaboração própria.

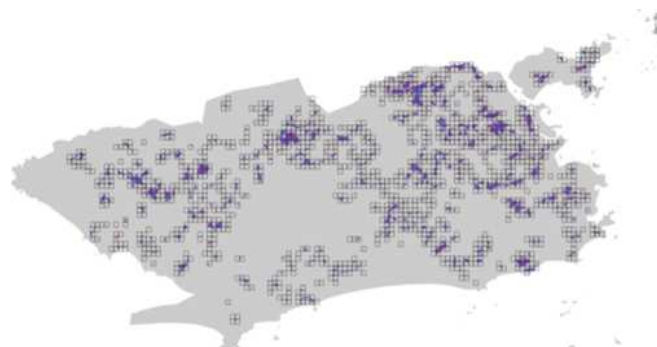


FIGURA 2 - Grade de quadrados sobrepostas às áreas classificadas como favelas pelo IBGE (2022) e pela Prefeitura do Rio de Janeiro (2019). Elaboração própria.

TABELA 1 – Imagens e divisão de treino e teste por Áreas de Planejamento.

Área de Planejamento	Imagens	Treino	Teste
1	21	17	4
2	35	28	7
3	133	106	27
4	97	78	19
Total	286	229	57

Elaboração própria.

A identificação das favelas e comunidades urbanas, para a criação das máscaras de referência, foi baseada em critérios visuais (Figura 3):

- Padrão irregular das construções;
- Utilização de materiais improvisados ou de baixa qualidade;
- Localização em áreas de encostas;
- Proximidade de rodovias e ferrovias;
- Proximidade de valões (esgoto a céu aberto; e
- Largura dos arruamentos.

Para auxiliar na identificação das áreas, utilizamos a grade de quadrados carregada no Google Earth Pro, acessando o Street View, o relevo do terreno e as construções em 3D (Figura 4).

Concomitantemente à identificação das áreas de interesse, as imagens foram segmentadas manualmente, a fim de produzir as máscaras de referência. Nas áreas de favelas e comunidades urbanas, foi utilizada a cor branca, enquanto a cor preta, foi aplicada para identificar todos os outros elementos urbanos (Figuras 5 e 6). Ao todo, uma área aproximada de 75 km² foi segmentada manualmente, sendo que 12,45% dessa área constitui a variável de interesse (favelas e comunidades urbanas).

Para aumentar a amostra de treinamento, sem novas máscaras de referência, utilizamos a biblioteca Albumentations, para aplicar transformações, como espelhamentos e rotações. Foram aplicadas as seguintes transformações no conjunto original de imagens e máscaras de referência (Figura 7):

- HorizontalFlip (HF) - Espelhamento horizontal;
- VerticalFlip (VF) - Espelhamento vertical; e
- Transpose (TP) - Transposição de linhas e colunas.



FIGURA 4 - Critérios adotados para identificação das áreas de interesse. Elaboração própria.



FIGURA 5 - Elementos utilizados na análise e identificação das áreas de interesse. Elaboração própria.



FIGURA 6 - Imagem de satélite 07848 da AP 2 e sua respectiva máscara de referência. Elaboração própria.

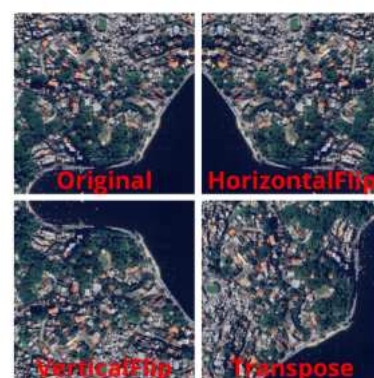


FIGURA 7 - Transformações da biblioteca Albumentations. Elaboração própria.

Estas transformações quadruplicaram o conjunto total de imagens e máscaras de referência para 916. O processamento das imagens foi realizado, utilizando a linguagem de programação Python, no Google Colab, empregando o modelo U-Net, uma arquitetura de rede neural convolucional (CNN), desenvolvida especificamente para segmentação de imagens. A U-Net foi introduzida por Olaf Ronneberg, Philipp Fischer e Thomas Brox, em 2015, conforme detalhado no artigo *U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation*. A estrutura da U-Net em forma de 'U', possui uma parte denominada *encoder* (caminho de contração) à esquerda e outra parte, chamada *decoder* (caminho de expansão), à direita (Figura 8).

O caminho de contração incorpora camadas codificadoras, que capturam informações contextuais e reduzem a resolução espacial da entrada. Enquanto isso, o caminho de expansão possui camadas decodificadoras, que decodificam os dados codificados e utilizam informações do caminho de contração, por meio de conexões de salto, a fim de gerar um mapa de segmentação.

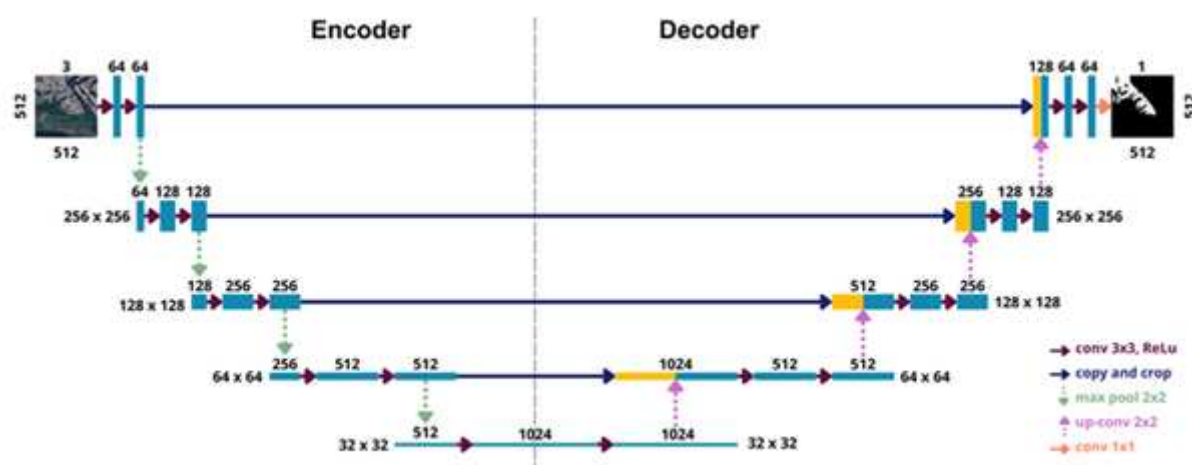


FIGURA 8 - Arquitetura da U-Net. Elaboração própria.

RESULTADOS

Para avaliar o desempenho do modelo, foram utilizadas as métricas: IoU e F1-Score (Tabela 2).

TABELA 2 – Médias das métricas de avaliação do modelo.

Áreas de Planejamento	IoU	F1-Score
1	0,6874	0,5321
2	0,7910	0,7892
3	0,6801	0,6292
4	0,7367	0,6841
Média Geral	0,7131	0,6603

Elaboração própria.

O IoU (*Intersection over Union*) mede a sobreposição entre a máscara predita pelo modelo e a máscara de referência, sendo a razão entre a área de interseção e a área de união das duas máscaras. Uma média geral de 0,7131 para todas as APs sugere uma boa correspondência entre as áreas classificadas como Favelas e Comunidades Urbanas.

O F1-Score combina precisão e *recall* em uma única métrica, representando a média harmônica entre ambos. A precisão (*precision*) é a proporção de predições positivas corretas (verdadeiros positivos - VP), em relação ao total de predições positivas (soma de VP e falsos positivos - FP). O *recall* é a proporção de predições positivas corretas, em relação à soma de predições positivas corretas e predições positivas incorretas (falsos negativos - FN). Um F1-Score médio de 0,6603 indica um equilíbrio satisfatório entre precisão e *recall*.

Apresenta-se uma imagem de cada uma das quatro APs do estudo, junto com suas respectivas máscaras de referência e as máscaras preditas pelo modelo. Para facilitar a comparação visual, foi aplicada uma transparência nas áreas preditas como favelas e comunidades urbanas pelo modelo, sobrepondo-as às imagens originais, permitindo uma clara visualização das áreas classificadas pelo modelo, em comparação com as máscaras de referência.

Detalhes das métricas para cada imagem:

- Na imagem 08509 da AP 1, o modelo alcançou IoU de 0,9313 e F1-Score de 0,9298 (Figura 9).
- Na imagem 07848 da AP 2, o modelo alcançou IoU de 0,8723 e F1-Score de 0,8852 (Figura 10).
- Na imagem 07541 da AP 3, o modelo alcançou IoU de 0,8377 e F1-Score de 0,9101 (Figura 11).
- Na imagem 07541 da AP 4, o modelo alcançou IoU de 0,8261 e F1-Score de 0,8413 (Figura 12).

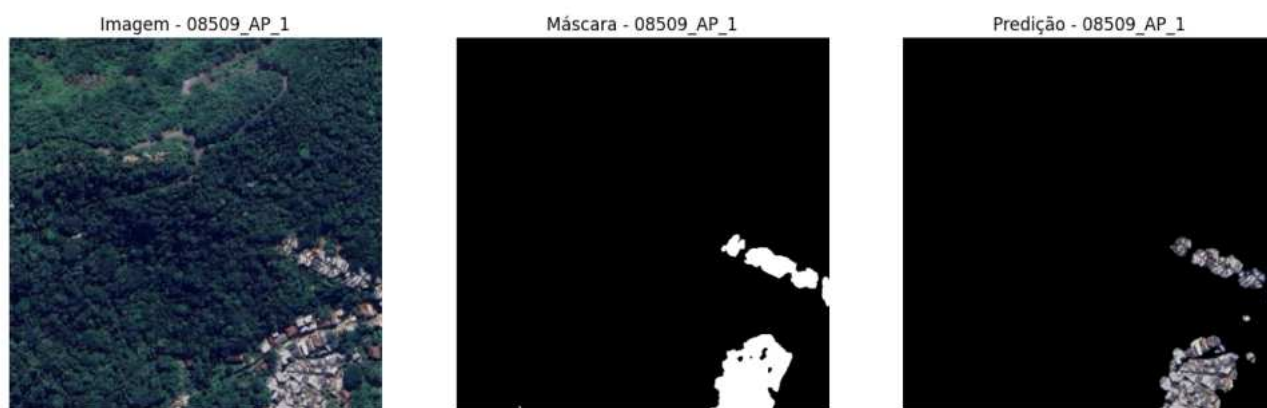


FIGURA 9 - Imagem, máscara de referência e predição da imagem 08509 da AP1. Elaboração própria.



FIGURA 10 - Imagem, máscara de referência e predição da imagem 07848 da AP2. Elaboração própria.



FIGURA 11 - Imagem, máscara de referência e predição da imagem 07541 da AP3. Elaboração própria.



FIGURA 12 - Imagem, máscara de referência e predição da imagem 06240 da AP4. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos destacam o desempenho promissor da arquitetura U-Net na identificação de favelas e comunidades urbanas em imagens de satélite. O modelo alcançou um valor médio de IoU de 0,7131; indicando uma correspondência significativa entre as áreas preditas e as reais. Além disso, o F1-Score médio de 0,6603 demonstra um equilíbrio satisfatório entre precisão e *recall* na classificação das áreas como favelas. Esses resultados favoráveis sublinham o impacto positivo da utilização da biblioteca Albumentations para aumentar a diversidade das imagens.

No entanto, o modelo enfrentou desafios na identificação precisa de favelas em áreas mais pobres, onde o entorno também apresenta precariedade ou deterioração. A detecção de pequenos trechos de favelas, isolados pela grade de recorte, em meio à vegetação, mostrou-se particularmente complexa.

Apesar da concordância razoável entre as áreas preditas e as reais, reconhecemos que há espaço para melhorias significativas. A precisão na identificação dessas áreas é crucial para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes.

Para futuras perspectivas, recomendamos explorar abordagens complementares para aprimorar o desempenho do modelo, como o uso de imagens multiespectrais de alta resolução, que oferecem vantagens sobre as imagens RGB utilizadas neste estudo. A incorporação de dados adicionais, como as informações de sensoriamento remoto e características socioeconômicas, em nível de setor censitário, podem auxiliar na distinção de áreas com baixo contraste entre favelas e um entorno urbano precário.

Ajustes no tamanho da grade e no método de amostragem podem ser explorados para reduzir o desbalanceamento entre as classes, melhorando assim, a precisão na identificação das áreas de interesse, inclusive, em pequenos trechos de favelas. Além disso, sugerimos a construção das máscaras de referência, por uma equipe com conhecimento especializado, para mitigar possíveis vieses introduzidos pela construção por uma única pessoa.

A inclusão de um Modelo Digital de Terreno, que representa a superfície do solo, e do Modelo Digital de Superfície, que inclui a superfície da terra com os objetos presentes nela, pode complementar a identificação de áreas urbanas com diversas características físicas e estruturais.

Por fim, explorar outras transformações, disponíveis na biblioteca Albumentations, e adicionar estocasticidade às imagens podem enriquecer a diversidade do conjunto de treinamento, melhorando a robustez do modelo, ao longo das épocas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MAPBIOMAS. **Favelas no Brasil crescem em ritmo acelerado e ocupam 106 mil hectares**. 04 nov. 2022.
<https://brasil.mapbiomas.org/2022/11/04/favelas-no-brasil-crescem-em-ritmo-acelerado-e-ocupam-106-mil-hectares/>

ONU BRASIL. **ONU-Habitat: população mundial será 68% urbana até 2050**. 01 jul. 2022.
<https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbana-at%C3%A9-2050>

PAN, Z.; XU, J.; GUO, Y.; HU, Y.; WANG, G. Deep Learning Segmentation and Classification for Urban Village Using a Worldview Satellite Image Based on U-Net. **Remote Sensing**, v. 12, ed. 10, p. 1574, 2020.
<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/10/1574>

CAPÍTULO 85

IDENTIFICAÇÃO DE FAVELAS E COMUNIDADES URBANAS NA ZONA SUL DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO MACHINE LEARNING

Miguel N. F. Conforto¹

Bernardo B. Martins¹

Bruno Sá Guedes¹

Ian M. Nunes²

Andréa D. da Silva¹

Marcelo R. A. Maranhão³

Alexandre M. O. S. da Paz⁴

Cássio P. Magalhães⁴

Eduardo S. Jangutta⁴

Gabriel A. Rocha⁴

Jedielso S. de Souza⁴

João P. P. Leonardo⁴

Hanna D. Cunha⁴

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE). Rua André Cavalcanti, 106. Centro. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20231-050. miguel.conforto1@gmail.com.

2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Pesquisa (DPE). Av. República do Chile, 500. Centro. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20031-170. ian.nunes@ibge.gov.br.

3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geociências (DGC). Av. República do Chile, 500. Centro. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20031-170. Mram63@gmail.com.

4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Grupo de Pesquisas Big Data e Estatísticas Públicas, linha Big Data e ODS. Andrea.silva@ibge.gov.br.

RESUMO

Favelas e comunidades urbanas possuem características próprias e para traçar políticas públicas adequadas para estas localidades é necessário acompanhar sua expansão ou retração ao longo do tempo. Para superar a dificuldade em obter dados precisos e atualizados em períodos intercensitários, propõe-se o uso de dados de sensoriamento remoto para a identificação de favelas e comunidades urbanas. Com imagens orbitais da Zona Sul do Rio de Janeiro, realizamos a identificação de favelas e comunidades urbanas utilizando algoritmos de aprendizado de máquina e algoritmos de segmentação por superpixel em dados abertos do Google Earth. Foram testados, por validação cruzada, sete algoritmos em um conjunto aleatório de cinco imagens com resolução 500x500 pixels na Zona Sul do Rio de Janeiro, dentre os quais destacam-se o XGBoost e o Light GBM, que apresentaram F1-Score médio de 44,60% e 43,64% e F1-Score máximo de 57,10% e 56,42%, respectivamente. O código em Python e a base de dados utilizados no estudo encontram-se disponíveis em: <https://github.com/migconforto/jgeotec>

Palavras-chave: favelas; comunidades urbanas; classificação; aprendizado de máquina; superpixel.

ABSTRACT

Slums and urban communities have unique characteristics, and to develop appropriate public policies for these areas, it is necessary to monitor their expansion or contraction over time. To overcome the difficulty of obtaining accurate and up-to-date data during intercensal periods, we propose the use of remote sensing data for the identification of slums and urban communities. Using remote sensing images of the South Zone of Rio de Janeiro, we identified slums and urban communities using machine learning algorithms and superpixel segmentation algorithms on open data from Google Earth. Seven algorithms were tested using cross-validation on a random set of five images with a resolution of 500x500 pixels from the South Zone of Rio de Janeiro, among which XGBoost and Light GBM stood out, presenting an average F1-Score of 44.60% and 43.64% and a maximum F1-Score of 57.10% and 56.42%, respectively. The Python code and the database utilized in the study are available at: <https://github.com/migconforto/jgeotec>

Keywords: slums; urban communities; classification; Machine Learning; superpixel.

INTRODUÇÃO

Favelas e comunidades urbanas possuem características próprias (Samper; Shelby; Behary, 2020), e isso traz uma demanda por políticas públicas específicas para essas áreas. Para garantir políticas adequadas é importante acompanhar as modificações ocorridas ao longo do tempo, inclusive a sua expansão ou retração (Kohli *et al.*, 2012). Tradicionalmente, estudos relacionados a esses tipos de assentamentos humanos precários se baseiam em dados provenientes de censos demográficos (Kohli *et al.*, 2012). No Brasil, o Censo Demográfico é realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e tem uma periodicidade decenal. Apesar de fornecerem uma gama de dados, amplamente divulgados e úteis para a elaboração de políticas públicas, seu custo é muito elevado, dadas as proporções continentais do país. Este fator também dificulta o acesso a todas as regiões e torna o trabalho dos agentes censitários uma tarefa árdua. Contudo, o principal problema enfrentado pelo levantamento é a relevância temporal dos dados que, na medida em que se afastam da data de referência, tornam-se obsoletos.

Surge então a necessidade de encontrar maneiras alternativas para acompanhar as modificações nas dinâmicas de expansão e retração desses conjuntos urbanos. O uso de dados de sensoriamento remoto vem crescendo e mostrando ser uma alternativa, cada vez mais utilizada ao redor do mundo, quando se trata da identificação e acompanhamento da dinâmica de favelas e das comunidades urbanas (Kuffer; Pfeffer; Sliuzas, 2016). Além do baixo custo, quando comparados a dados obtidos com métodos tradicionais, como o Censo, dados obtidos em imagens são atualizados em tempo real ou próximo do real. Estudos realizados em áreas selecionadas na Índia (Ansari; Buddhiraju, 2019), China (Tao; Lele; Furong, 2021) e Brasil (Oliveira *et al.*, 2023) mostraram resultados satisfatórios para a identificação de favelas e das comunidades urbanas.

O presente trabalho propõe o uso de algoritmos de aprendizado de máquina e técnicas de segmentação por superpixel para a identificação de favelas e comunidades na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, visando fornecer insumos para avaliar a possibilidade de expandir a aplicação para o Estado do Rio de Janeiro. As próximas seções do artigo são organizadas da seguinte maneira: na seção Metodologia, são descritos os métodos utilizados e as imagens obtidas, assim como, um breve resumo sobre as características relevantes do local de estudo; na seção Resultados, são apresentados os resultados, obtidos do experimento realizado; na Conclusão, apresenta-se a conclusão do trabalho até o presente momento.

METODOLOGIA

O município do Rio de Janeiro, capital do estado homônimo, é a segunda maior metrópole do Brasil. Em 2010, a cidade contava com 763 favelas, nas quais, habitavam cerca de 1,4 milhões de pessoas, representando 22% da população total do Estado (IBGE, 2011). O município do Rio de Janeiro possui 41.365 setores censitários (IBGE, 2022). Neste trabalho, foram selecionados 63 dos 210 setores censitários da Zona Sul, rotulados como aglomerados subnormais (IBGE, 2013), com a finalidade de realizar a classificação binária destes, entre 'Favela' e 'Não Favela', por métodos de aprendizagem de máquina (*machine learning*). Para seleção dos setores, uma amostragem aleatória inversa dos setores foi realizada. Dessa forma, a amostra pode ser expandida quando necessário, sem desrespeitar os princípios da amostragem aleatória.

Para garantir o melhor resultado no estudo, foram utilizadas imagens de alta resolução do Google Earth, obtidas em março de 2024. Foram utilizadas imagens de resolução espacial de 1 metro por *pixel*, contendo as bandas vermelho, verde e azul (RGB). As imagens selecionadas para treino e teste possuem dimensão de 500 por 500 *pixels* (0,25 quilômetros quadrados).

Para possibilitar a utilização de classificadores supervisionados, foram criados polígonos de treinamento, que delimitam elementos de interesse, os quais sejam aqueles característicos de favelas e comunidades urbanas. Tais polígonos, foram desenhados sobre imagens de setores censitários,

classificados como aglomerados subnormais, de forma manual, com auxílio do sistema de informação geográfica (SIG) Quantum GIS (QGIS Development Team, 2024). Cada polígono corresponde a uma área, dentro do setor selecionado, considerada com características de favela ou comunidade urbana. Foi gerado um arquivo com as informações dos polígonos georreferenciados, de modo que fosse possível sobrepô-lo à imagem de satélite, da qual foram gerados. Tal conjunto de polígonos é denominado 'máscara' e possui apenas os valores binários de 0 e 1, não-favela e favela, respectivamente.

Por haver setores não selecionados no conjunto da amostra, dentro das imagens escolhidas, foi feito um recorte desses setores na leitura das imagens, a fim de não gerar um erro no treinamento dos algoritmos classificadores. A Figura 1 ilustra o processo de retirada dos setores não amostrados e a sobreposição da máscara à imagem original para uma das imagens selecionadas. Nessa mesma Fig. 1, tem-se: a imagem de satélite original, a máscara criada com o QGIS, a imagem de satélite sem os setores classificados como aglomerados subnormais, que não fazem parte da amostra; e, por último, a sobreposição da máscara à imagem com os setores não selecionados removidos.

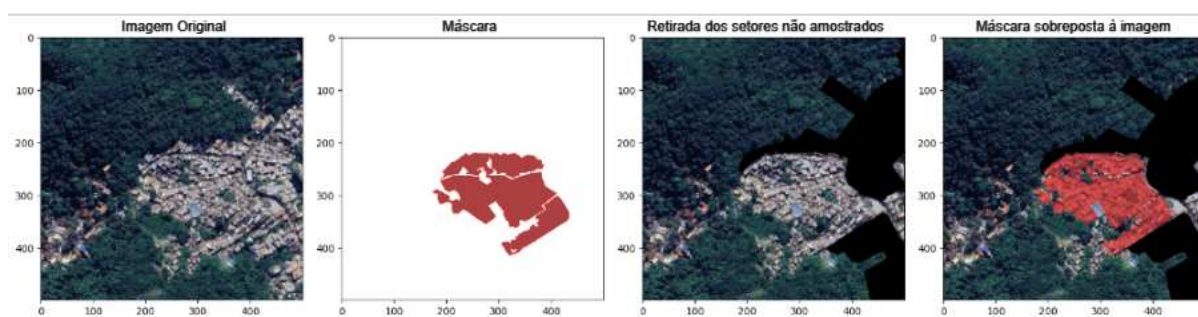


FIGURA 1 - Da esquerda para direita: imagem de satélite original; máscara criada através do Quantum GIS; imagem de satélite desconsiderando setores fora da amostra; sobreposição da máscara à imagem amostrada. Elaboração própria.

O pré-processamento de imagens tem como objetivo facilitar a visualização da imagem ou adequá-la para as análises quantitativas, por meio de correções de defeitos ou realces das regiões de interesse na imagem, além do tratamento de dados quantitativos, já realizado pelos modelos de aprendizado de máquina (Gomes, 2001). Nessa etapa, foram implementadas seis técnicas de pré-processamento para extração de *features* (feições) em imagens: índice de forma espacial (Koenderink; Van Doorn, 1992), *superpixel* de Felzenszwalb (Felzenszwalb; Huttenlocher, 2004), *superpixel* SLIC (Achanta *et al.*, 2012), Padrão Binário Local (LBP) (Ojala; Pietikainen; Harwood, 1994), Histograma de Gradientes Orientados (HOG) (Dalal; Triggs, 2005) e Matriz de Coocorrência de Níveis de Cinza (GLCM) (Jide *et al.*, 2020). Os métodos de *superpixel* foram utilizados para gerar informações acerca medidas de centralidade e dispersão das bandas RGB, em cada segmento, ou seja, para cada *superpixel*, foi calculada a média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão, em cada banda. Cada técnica teve seus parâmetros ajustados, de maneira que representassem a unidade mínima de interesse, dentro dos aglomerados, sendo estas as moradias. Ou seja, os *superpixels* gerados têm tamanho compatível com as moradias dentro de aglomerados, assim como o HOG. O objetivo na inserção destas informações à imagem original é promover uma consistência semântica e espacial para os algoritmos de classificação *pixel a pixel* (Nunes *et al.*, 2024). A Figura 2 mostra as seis técnicas empregadas na imagem original da Figura 1. Nela, temos o índice de forma espacial, que destaca principalmente as áreas convexas e côncavas na imagem; a média dos *superpixels* de Felzenszwalb, onde cada moradia dentro do aglomerado passa a ser representada por uma única cor; a média dos *superpixels* SLIC, que dá ênfase ao conjunto de moradias com tons similares; o LBP, que destaca as variações na vizinhança de cada *pixel*; a representação visual do HOG, onde a direção de cada elemento é destacada; e a representação visual da GLCM, onde a predominância dos tons de cinza é destacada para cada *pixel*.

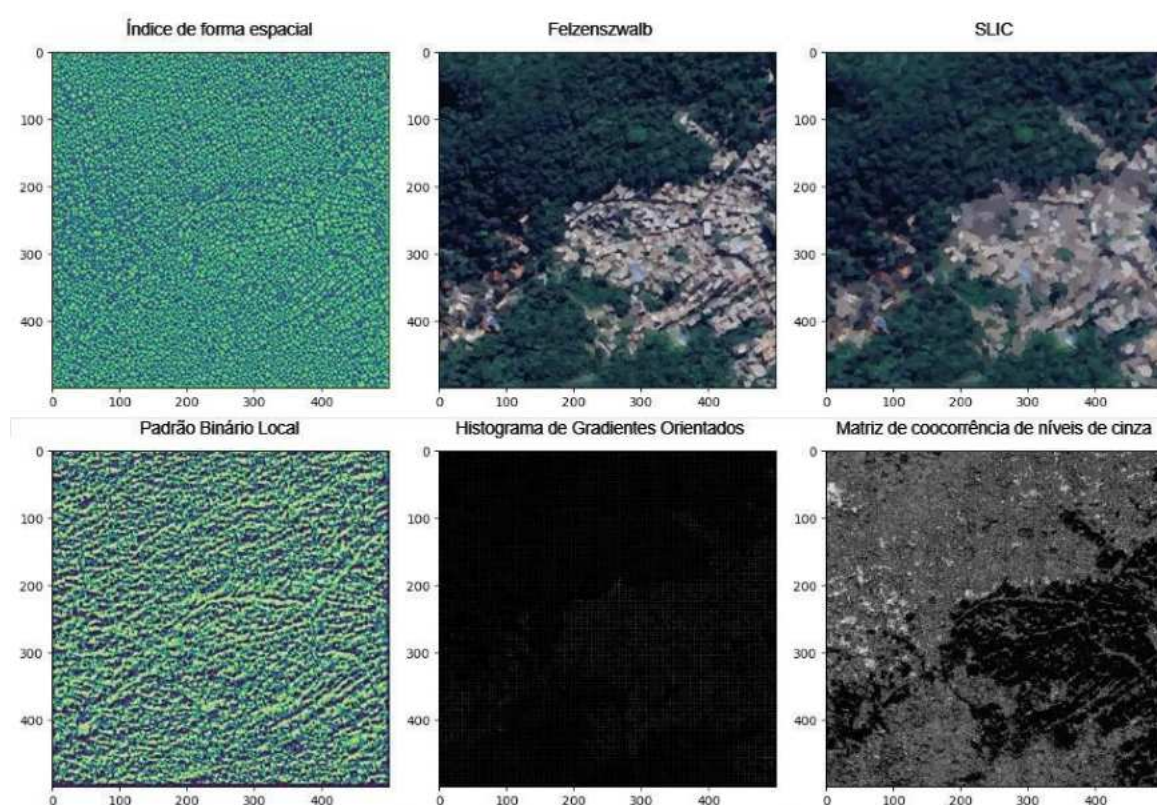


FIGURA 2 - Da esquerda para a direita, de cima para baixo: índice de forma espacial; média dos superpixels de Felzenszwalb; média dos superpixels SLIC; representação visual do HOG; representação visual da GLCM. Elaboração própria.

As informações da etapa de pré-processamento são incorporadas à imagem original, como um novo conjunto de bandas, dando origem à imagem de 40 bandas (Tabela 1). Após a adição dessas informações, a imagem passa por uma vetorização *pixel a pixel*, onde cada posição do vetor-imagem contém as novas bandas do *pixel*, gerando um vetor de formato (250.000, 40). A vetorização da imagem possibilita a utilização de múltiplos algoritmos de classificação. Para o estudo em questão, foram selecionados sete algoritmos: XGBoost (Chen; Guestrin, 2016), LightGBM (Ke *et al.*, 2017), MLP Classifier (Hinton, 1989), Random Forest (Breiman, 2001), K-Means, Naive-Bayes (Han; Kamber, 2006) e Logistic-regression (McCullagh; Nelder, 1989). A seleção dos melhores parâmetros para cada modelo foi feita utilizando o método GridSearchCV (Pedregosa *et al.*, 2011), que compara de forma exaustiva uma grade de parâmetros pré-definidos para o mesmo modelo e retorna a combinação aqueles que obtiveram o maior valor para a métrica de avaliação desejada. Para esse estudo, utilizamos a métrica F1-Score, como a medida a ser otimizada durante a busca em grade. A avaliação de desempenho para cada algoritmo foi realizada por meio da técnica de validação cruzada, com 4 imagens para treino e 1 para teste, havendo a rotação do conjunto de imagens de treino e teste cinco vezes. O resultado apresentado é uma média dos resultados para os cinco testes.

TABELA 1 - Descrição das bandas da imagem.

Bandas	Informação
1-3	RGB
4	Índice de Forma Espacial
5	Padrão Binário Local
6	Histograma de Gradientes Orientados
7-10	Matriz de Coocorrência de Níveis de Cinza
11-25	Média, Mediana, Mínimo, Máximo e Desvio Padrão do Superpixel de Felzenszwalb
26-40	Média, Mediana, Mínimo, Máximo e Desvio Padrão do Superpixel SLIC

Elaboração própria.

RESULTADOS

Para o conjunto de cinco imagens selecionadas, foram feitas classificações de favelas e aglomerados urbanos, utilizando os sete algoritmos, mencionados na seção anterior. A escolha dos melhores algoritmos foi realizada, a partir dos resultados médios para o F1-Score e o IoU. Dos sete algoritmos de classificação inicialmente propostos, o XGBoost e Light GBM se destacam dos demais, pois demonstram uma aparente adequação à classificação correta, quando comparados à máscara original (Figura 3), onde a massa de classificação de favela se encontra em conjunto à classificação da máscara. Apesar da classificação aparentemente similar entre os resultados obtidos com a aplicação destes algoritmos e a alta acurácia para quatro dos sete algoritmos propostos (Tabela 2), foi obtida melhor comparação real e identificação do desempenho, ao observarmos as métricas F1-Score e IoU, em conjunto da ilustração das predições para a máscara (Figura 3). Ao compararmos o F1-Score, podemos dividir os modelos em 3 grupos:

- Performance melhor (acima de 40%): XGBoost, Light GBM, Naive Bayes
- Performance intermediária (entre 30% e 40%): MLP Classifier, Random Forest
- Performance pior (abaixo de 30%): K-Means, Logistic-regression

TABELA 2 - Resultados por algoritmo.

K-Means	44,92%	19,58%	53,50%	23,22%	48,53%
Logistic-regression	83,06%	42,72%	18,34%	23,44%	41,27%

Elaboração própria.

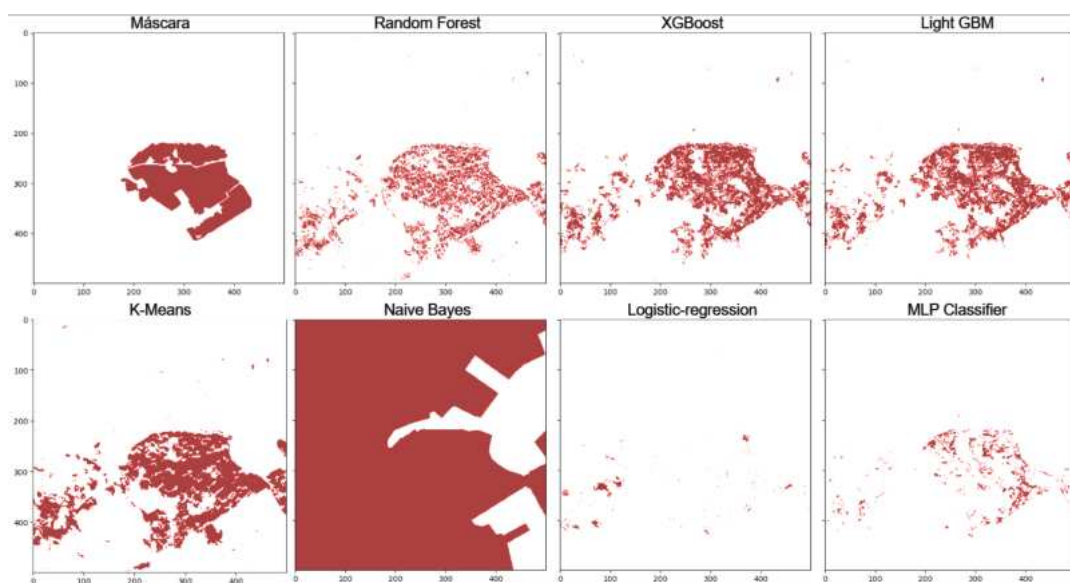


FIGURA 3 - Comparação visual entre a máscara e as predições realizadas pelos algoritmos Random Forest, XGBoost, LightGBM, K-Means, Naive Bayes, Logistic-regression e MLP Classifier. Elaboração própria.

Embora a diferença do desempenho dos algoritmos XGBoost e Light GBM seja de aproximadamente 1 ponto percentual para a média do F1-Score e 0,3% para o IoU, o valor máximo observado para a métrica F1 nos testes chegou a 57,10% para o XGBoost e 56,42% para o Light GBM, já para a métrica IoU, o máximo observado foi 65,67% para o XGBoost e 66,85% para o Light GBM. Pode-se dizer que o desempenho entre os dois principais algoritmos é semelhante, assim como a sua predição visual (Figura 3). Quanto ao Naive Bayes, ao avaliar somente sua métrica de precisão F1, é possível ver que, embora seja relacionado ao grupo de alta performance, apresenta a segunda menor precisão, dentre todos os algoritmos, ou seja, classifica muitas áreas de não-favela como sendo favela. Ao observar seu IoU e sua predição visual (Figura 3) essa inconsistência entre métricas para classificação de favelas se torna evidente, uma vez que ele classifica a área inteira como favela.

CONCLUSÕES

Os métodos de *machine learning* apresentaram desempenho moderado na tarefa de classificar favelas e comunidades urbanas, utilizando dados de sensoriamento remoto, tendo em vista que o F1-Score máximo observado para os dois melhores algoritmos, XGBoost e Light GBM, é superior a 55%. Nenhuma métrica utilizada ou análise de imagem deve ser tomada de forma única, como critério de decisão sobre qual algoritmo utilizar, sendo as métricas obtidas, avaliadas em conjunto de uma análise visual, para indicar o algoritmo com a maior capacidade de identificar favelas e comunidades urbanas. Neste sentido, o uso de imagens completamente rotuladas e uma amostra maior podem ajudar os algoritmos a produzirem resultados mais consistentes, com menor variação para as métricas de precisão. No futuro, o objetivo é generalizar os dados para todo o Rio de Janeiro, devido às condições parecidas de habitações consideradas comunidades urbanas (Duque *et al.*, 2015). utilizaremos imagens maiores e completamente rotuladas, expandindo a gama de algoritmos e adicionando modelos de redes neurais convolucionais (CNN), a fim de melhorar a capacidade de generalização do aprendizado. Além disso, serão explorados mais métodos de pré-processamento de dados de sensoriamento remoto, buscando aprimorar o desempenho dos algoritmos de classificação. Vale ressaltar também que os resultados apresentados são preliminares e que o estudo se encontra em andamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHANTA, R. *et al.* (ed.). SLIC Superpixels Compared to State-of-the-art Superpixel Methods. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 34, n. 11, 2012.
- ANSARI, R.; BUDDHIRAJU, K.M. Textural segmentation of remotely sensed images using multiresolution analysis for slum area identification. **European Journal of Remote Sensing**, v. 52, p. 1-15, 25 jan. 2019.
- BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v. 45, p. 5-32, 1 out. 2001.
- CHEN, T.; GUESTRIN, C. **XGBoost: A Scalable Tree Boosting System**. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. **Anais...**, 13 ago. 2016. <http://arxiv.org/abs/1603.02754>
- DALAL, N.; TRIGGS, B. **Histograms of oriented gradients for human detection**. In: *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*. **Anais...**, 2005. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1467360>
- FELZENSZWALB, P.; HUTTENLOCHER, D. Efficient Graph-Based Image Segmentation. **International Journal of Computer Vision**, v. 59, p. 167-181, 01 set. 2004.
- GOMES, O. **Processamento e Análise de Imagens Aplicados à Caracterização Automática de Materiais**. [S.l: s.n.].
- HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining – Concepts and Technique**. 3. ed. Massachusetts, EUA: Morgan Kaufmann, 2011. 744p.
- HINTON, G.E. Connectionist learning procedures. **Artificial Intelligence**, v. 40, n. 1–3, p. 185–234, set. 1989.
- IBGE. **Malha de Setores Censitários Preliminares**. 2022.
- JIDE, A. *et al.* A Multiple Algorithm Approach to Textural Features Extraction in Offline Signature Recognition. **Lecture Notes in Business Information Processing**, nov. 2020. Information Systems- EMCIS 2020. Springer, 2020. p. 541–552.
- KE, G. *et al.* **LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree**. Advances in Neural Information Processing Systems. **Anais...** Curran Associates, Inc., 2017. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2017/hash/6449f44a102fde848669bdd9eb6b76fa-Abstract.html
- KOENDERINK, J.J.; VAN DOORN, A.J. Surface shape and curvature scales. **Image and Vision Computing**, v. 10, n. 8, p. 557-564, 01 out. 1992.
- KOHLI, D. *et al.* An ontology of slums for image-based classification. **Computers, Environment and Urban Systems**, Special Issue: Geoinformatics 2010. v. 36, n. 2, p. 154–163, 01 mar. 2012.
- KUFFER, M.; PFEFFER, K.; SLIUZAS, R. Slums from Space. 5 Years of Slum Mapping Using Remote Sensing. **Remote Sensing**, v. 8, n. 6, p. 455, jun. 2016.
- MCCULLAGH, P.; NELDER, J.A. **Generalized Linear Models, Second Edition**. 2. ed. London: Chapman and Hall/ CRC Press, 1989.
- NUNES, I. M. *et al.* FuSC: Fusing Superpixels for Improved Semantic Consistency. **IEEE Access**, v. 12, p. 20232–20250, 2024.
- OJALA, T.; PIETIKAINEN, M.; HARWOOD, D. **Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions**. In: 12th International Conference on Pattern Recognition, Jerusalem, 9-13 out. 1994. **Anais...** <https://ieeexplore.ieee.org/document/576366>
- OLIVEIRA, L. *et al.* Capturing deprived areas using unsupervised machine learning and open data: a case study in São Paulo, Brazil. **European Journal of Remote Sensing**, v. 56, 19 mai. 2023.
- PEDREGOSA, F. *et al.* Scikit-learn: Machine Learning in Python. **Journal of Machine Learning Research**, v. 12, p. 2825-2830, 2011.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. QGIS Association, 2024.

<https://www.qgis.org>

SAMPER, J.; SHELBY, J. A.; BEHARY, D. The Paradox of Informal Settlements Revealed in an ATLAS of Informality: Findings from Mapping Growth in the Most Common Yet Unmapped Forms of Urbanization. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9510, nov. 2020.

TAO, Z.; LELE, D.; FURONG, S. H. I. Urban villages extraction from high-resolution remote sensing imagery based on landscape semantic metrics. **Acta Geodaetica et Cartographica Sinica**, v. 50, n. 1, p. 97, 15 jan. 2021.

CAPÍTULO 86

MAPEAMENTO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CONTINENTAL (TSC) NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA UFRRJ E NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA ENTRE 2001 A 2020

Gabriele R. Mack¹

Andrews José de Lucena¹

Liz B. C. Belém²

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Instituto de Geociências. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. gabrielemack@ufrj.br; lucena@yahoo.br.

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. lizbarreto7@gmail.com.

RESUMO

O trabalho visa utilizar dados de sensoriamento remoto por meio de imagens dos satélites Landsat-5, 7 e 8 para analisar a Temperatura da Superfície Continental (TSC) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e do município de Seropédica/RJ entre 2001 e 2020. Escolheu-se ainda os anos de 2001, 2010 e 2020 para uma análise mais detalhada da série da TSC. Os resultados mostram que os bairros mais centrais, Fazenda Caxias e Boa Esperança, são os mais quentes, em oposição aos bairros mais afastados da malha urbana, como Carretão, Santa Sofia e Chaperó. No polígono da Universidade, os espaços que mais se destacaram com as médias mais baixas foram os mais arborizados como o Jardim Botânico, enquanto que as do Prédio Principal (P1) e do Pavilhão de Aulas Teóricas (PAP) se destacaram com as médias mais altas.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; imagens Landsat; Temperatura da Superfície Continental; Seropédica; UFRRJ.

ABSTRACT

The work aims to use remote sensing data through images from the Landsat-5, 7 and 8 satellites to analyze the Land Surface Temperature (LST) of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) and the Seropédica city/RJ between 2001 and 2020. The years 2001, 2010 and 2020 were also chosen for a more detailed analysis of the LST series. The results show that the most central neighborhoods, Fazenda Caxias and Boa Esperança, are the hottest, as opposed to the neighborhoods further away from the urban grid, such as Carretão, Santa Sofia and Chaperó. In the University polygon, the spaces that stood out the most with the lowest averages were the most wooded ones, such as the Botanical Garden, while those of the Main Building (P1) and the Theoretical Classroom Pavilion (PAP) stood out with the highest averages.

Keywords: remote sensing; Landsat images; Land Surface Temperature; Seropédica; UFRRJ.

INTRODUÇÃO

A radiação representa o processo mais eficiente de transferência de energia para o aquecimento da Terra. A energia proveniente do sol atinge o nosso planeta sob a forma de radiação de ondas longas. Notavelmente, a vegetação desempenha um papel crucial, como reguladora da temperatura, uma vez que protege o solo, tanto da insolação quanto da radiação. Essa proteção acarreta a redução da temperatura média, bem como promove uma diminuição na amplitude térmica diurna. Ademais, a vegetação contribui ao fornecer umidade para a atmosfera, favorecendo, assim, a prevalência de um clima úmido na respectiva região. Conforme Torres e Machado (2008, p. 77) destacam, “existe uma simbiose estreita entre o clima e a vegetação”. O clima tem uma influência expressiva e determinante na vida vegetal, especialmente, por meio de seus elementos, tais como: umidade, precipitação, temperatura, radiação solar, insolação e ventos.

O sensoriamento remoto é fundamental nos estudos geográficos e ambientais. Essa tecnologia permite obter informações sobre a superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida por ela (Florenzano, 2002, p. 9). No contexto da climatologia, a interseção com o sensoriamento remoto torna-se extremamente valiosa, sobretudo no mapeamento do campo térmico e, especificamente, na análise da Temperatura da Superfície Continental (TSC). Vale destacar que com o avanço da tecnologia de geração de imagens de alta resolução espacial e espectral, e técnicas mais eficientes nas análises ambientais, o sensoriamento remoto tem sido frequentemente usado no âmbito da pesquisa (Barros, 2013; Gonçalves *et al.*, 2013).

Considerando a influência da vegetação e das áreas construídas nas temperaturas, em particular, sobre a TSC, este estudo busca mostrar e analisar o mapa térmico na cidade de Seropédica, na Baixada Fluminense do Rio de Janeiro e no campus universitário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), entre 2001 e 2020.

METODOLOGIA

A base da pesquisa analisou dados dos sensores Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS) pertencentes aos satélites Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8. Enquanto o OLI capta informações nas porções visíveis, infravermelhas próximas e de ondas longas do espectro, o TIRS é responsável por medir a temperatura da superfície terrestre em duas bandas térmicas, utilizando uma tecnologia que emprega princípios da física quântica para a detecção de calor (USGS, 2014).

A etapa inicial constituiu na seleção das imagens anuais de 2001 até o ano de 2020, da órbita ponto 217/76, que engloba a região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Por consequência, abrange o município de Seropédica, bem como a UFRRJ (Figura 1A e 1B). A obtenção dos dados foi realizada, por meio da seleção de imagens acessadas da plataforma USGS. Durante o processo de seleção das imagens, a ausência de cobertura de nuvens sobre a área de interesse foi um critério preponderante, o que significa que boa parte das imagens são do período outono-inverno, quando os sistemas atmosféricos atuantes são mais favoráveis à estabilidade atmosférica e, consequentemente, a ausência de nuvens. Antes da obtenção da Temperatura da Superfície Continental (TSC) essas imagens são georreferenciadas no software ENVI, com o objetivo de padronizar todas as imagens, das mais antigas às mais recentes, tornando possível, a obtenção da sua composição anual.

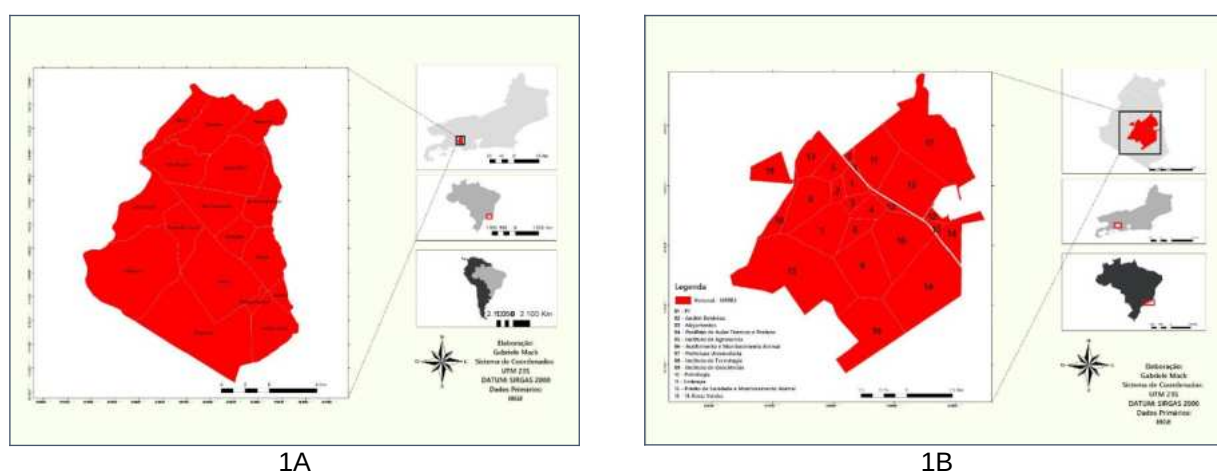


FIGURA 1 - Mapa de Localização do município de Seropédica/RJ (1A) e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1B). Elaboração própria.

Para a obtenção da TSC, realiza-se primeiro a obtenção dos valores da temperatura de brilho (T_b) no programa MATLAB, onde, posteriormente, aplica-se o fator ΔT , que é o fator de correção atmosférica. Para a obtenção da TSC, calcula-se a temperatura de brilho com o comprimento de onda do infravermelho termal, a emissividade da superfície e a integração das contantes de Planck, conforme equação abaixo:

$$\Delta T = \frac{B_i(T_b) \left(\frac{1}{\alpha_1} - 1 \right) - \frac{\alpha_2}{\alpha_1} B_i(T_a)}{\frac{\partial B_i(T_b)}{\partial T_b}} \quad (\text{eq. 1})$$

Para a realização dos cálculos é necessário o conhecimento da temperatura e umidade relativa do ar que são obtidas através de estações meteorológicas presentes na RMRJ. No decorrer dos processamentos, os dados de temperatura são dispostos em Kelvin e, posteriormente, convertidos para graus Celsius. Com as imagens e valores de TSC obtidos, realiza-se, por fim, a apresentação dos produtos, através de mapas temais e gráficos. Os *softwares* utilizados na produção dos mapas e gráficos foram programas como ArcGIS e programação em Python, no Google Colab (Fig. 2).

Referente à produção cartográfica, por conta da necessidade de uma análise mais detalhada das variações de temperatura dentro do *campus* universitário, optou-se pela criação de Polígonos de Voronoi (Figura 1B), que consiste em um conjunto de pontos no plano, que associa a cada ponto, uma região específica. Cada região é definida, de modo que todos os locais dentro dela estejam mais próximos do ponto associado do que de qualquer outro ponto no conjunto, e estas regiões podem ser consideradas o conjunto de um arquivo *shapefile* de pontos. Para a elaboração destes polígonos, foram utilizados sistemas de informação geográfica (SIG), como o QGIS.

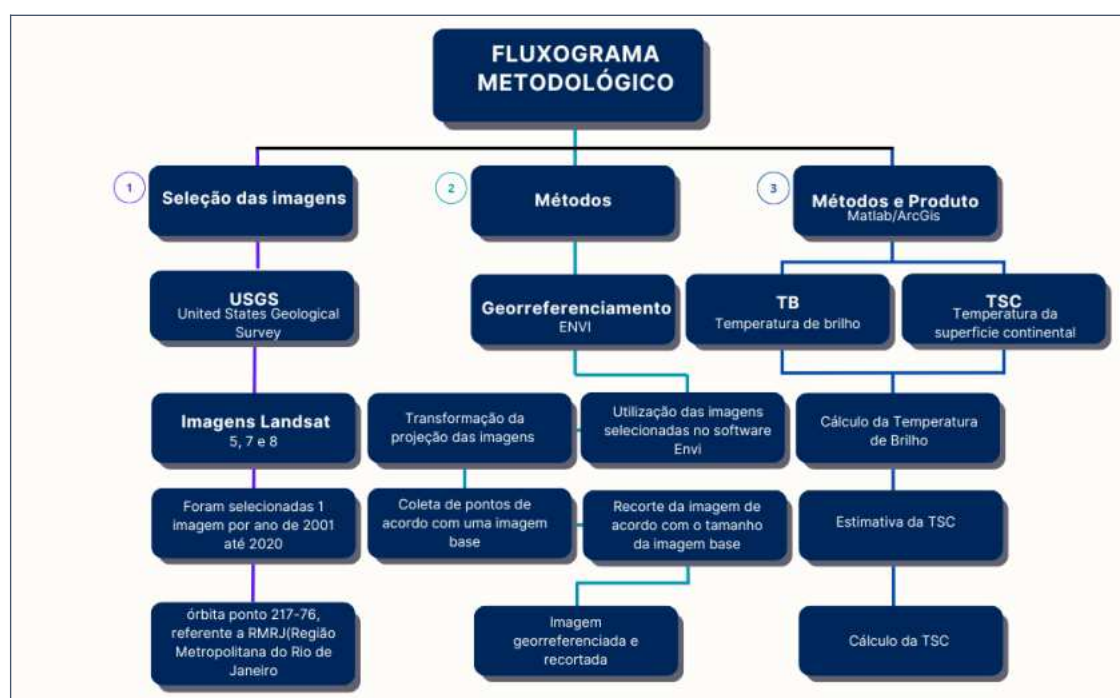


FIGURA 2 - Fluxograma metodológico. Elaboração própria.

RESULTADOS

O município de Seropédica apresentou, em 2001, a média de 24°C, enquanto em 2010, aproximadamente, 23°C. De acordo com o gráfico de variação da TSC no município de Seropédica, entre 2001 a 2010 (Figura 3), com a linha verde representando a temperatura média, observa-se que a TSC oscilou entre 20 e 30°C, mas com destaque para o ano de 2007, com a média mais alta, 31,9°C. O ano de 2005, no contexto desta década, apresentou a temperatura média mais baixa, 20,7°C (Figura 4).

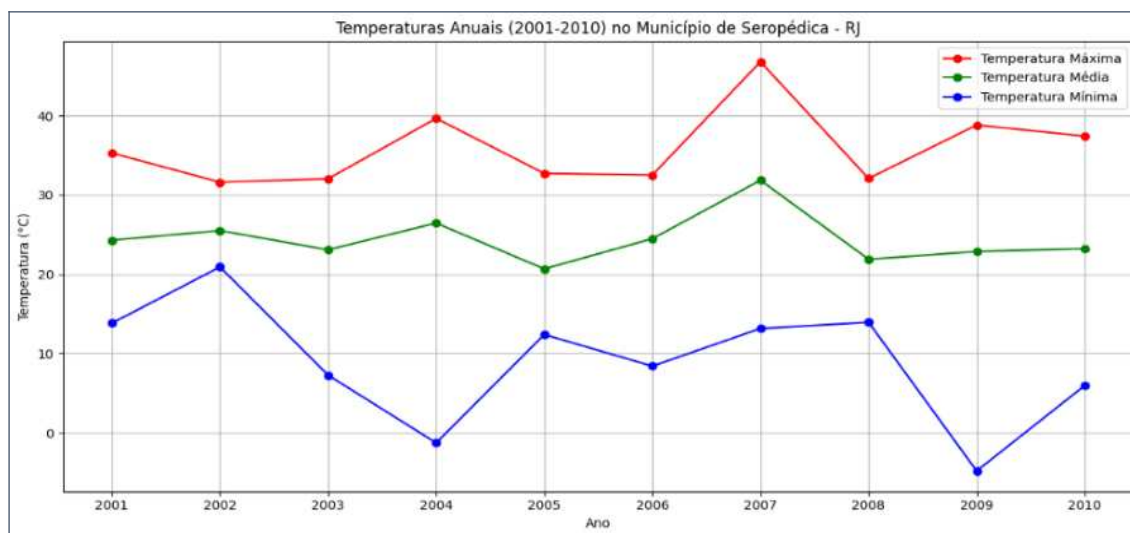


FIGURA 3 - Variação da TSC no município de Seropédica entre 2001 e 2010. Três linhas distintas representam as temperaturas mínimas (azul), máximas (vermelha) e médias (verde) durante esse período. Elaboração própria.

O ano de 2004 e 2009 registraram temperaturas mínimas abaixo de zero, -1,3° e -4,8°C, respectivamente, o que, provavelmente, foi alguma nuvem não identificada, mesmo após o mascaramento. Em seguida, o ano de 2007 se destacou, ao registrar a temperatura máxima mais elevada da década, com a máxima de 46,8°C. No mesmo período, ao observarmos especificamente o *campus* da UFRRJ, em 2001, a média de temperatura foi de 26°C no entorno do P1 (Prédio Principal) e de 24°C, em áreas mais vegetadas.

Em 2010, o P1 registrou uma média de 26°C, com temperaturas de 22°C a 23°C, registradas em zonas mais vegetadas. Essas zonas vegetadas indicam espaços com vegetação ou áreas arborizadas no *campus*. Estas zonas são detalhadas pela proximidade a outros edifícios ou locais específicos do *campus*.

Ao analisar o gráfico das temperaturas anuais no município de Seropédica, para a década de 2011 a 2020, os anos de 2015 e 2017 se destacam, sendo, em 2015, a TSC média mais alta, com 34,1°C. Quanto à TSC máxima mais elevada, destaque para 2011 (47,9°C), seguido por 2017 (46,3°C) e 2012 (45,4°C). E a TSC mínima mais baixa ocorreu em 2016 (4,6°C) e 2020 (8,1°C). Esta segunda década também se destaca com os valores máximos mais próximos ou acima dos 40 °C e os valores médios mais próximos ou acima dos 30°C. Quanto aos valores mínimos, são mais próximos ou acima dos 10°C, o que corrobora para uma década mais quente ou aquecida que a anterior (Figura 5).

Temperaturas anuais no município de Seropédica (2001- 2010)			
ANO	MIN	MAX	MÉDIA
2001	13,8	35,3	24,3
2002	20,9	31,6	25,5
2003	7,3	32,0	23,1
2004	-1,3	39,7	26,5
2005	12,4	32,7	20,7
2006	8,4	32,5	24,5
2007	13,2	46,8	31,9
2008	14,0	32,1	21,9
2009	-4,8	38,8	22,9
2010	6,0	37,4	23,2
2011	18,4	47,9	28,0
2012	19,1	45,4	28,2
2013	20,1	40,2	32,1
2014	12,0	42,7	33,0
2015	23,3	43,4	34,1
2016	4,6	35,0	25,4
2017	22,8	46,3	33,6
2018	23,3	43,2	32,1
2019	18,7	35,7	28,7
2020	8,1	42,0	28,3

FIGURA 4 - Variação da TSC no município de Seropédica, entre 2001 e 2020. Elaboração própria.

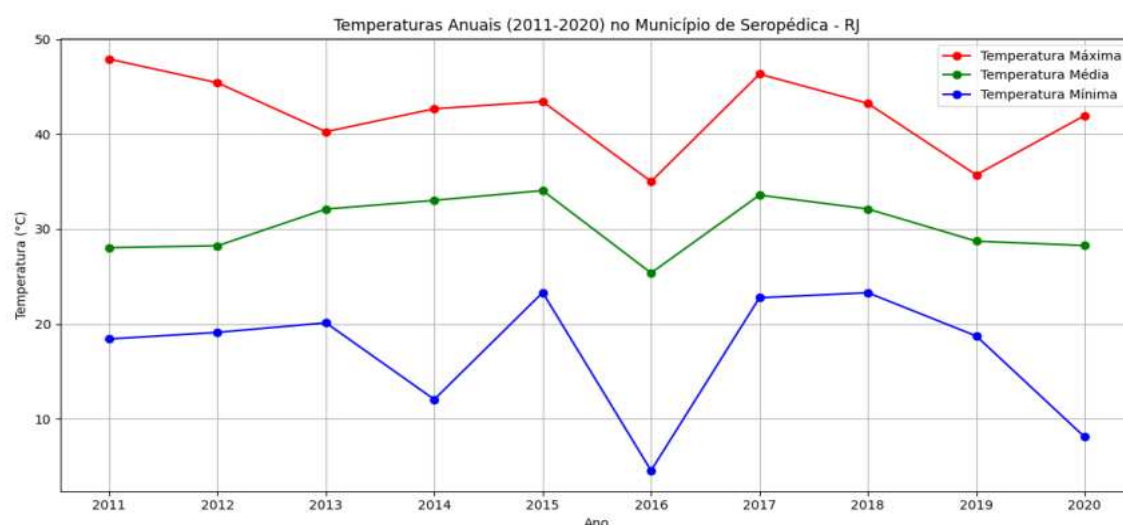


FIGURA 5 - Variação da TSC no município de Seropédica entre 2011 a 2020. Três linhas distintas representam as temperaturas mínimas (azul), máximas (vermelha) e médias (verde), durante esse período. Elaboração própria.

Finalmente, quanto à análise espacial da TSC no município de Seropédica e na cidade universitária da UFRRJ, observa-se que os espaços mais quentes (em tons laranja ou vermelho) compõem a malha urbana da cidade, especialmente, os bairros de Fazenda Caxias e Boa Esperança, localizados na porção central do mapa (Figura 6). Os bairros Santa Alice e Jardim Maracanã, limítrofes a Boa Esperança, também se configuram com núcleos mais quentes. Parque Jacimar e Campo Lindo, bairros limítrofes ao município de Nova Iguaçu, o mais importante (e com elevada taxa de urbanização) da Baixada Fluminense, também se destacam com TSC bem elevadas. Por outro lado, os bairros situados a Norte e a Oeste, a saber, Carretão, Cabral, São Miguel, Santa Sofia e Chaperó, possuem as TSC mais baixas (em tons verde ou azul) e se caracterizam pelo uso do solo mais rural e/ou agrícola.

No *campus* universitário, o maior destaque é o Prédio Principal, o polígono 1 (P1), que abrange toda administração da universidade, com grande fluxo. Nele, é registrada a TSC mais elevada de todo o *campus* (em tons laranja mais escuros). Outros espaços com tons em laranja, que se aproximam do P1, são os polígonos 14, 16 e 17, denominados como “Áreas Verdes”, que, na prática, são áreas de pastagem e capim, utilizadas para a atividade animal. Por outro lado, os espaços mais frescos, identificados em tom verde, são os polígonos 5 e 13, o Instituto de Agronomia e a Embrapa, respectivamente, e os polígonos 13, 17 e 18, denominados como “Áreas Verdes”.

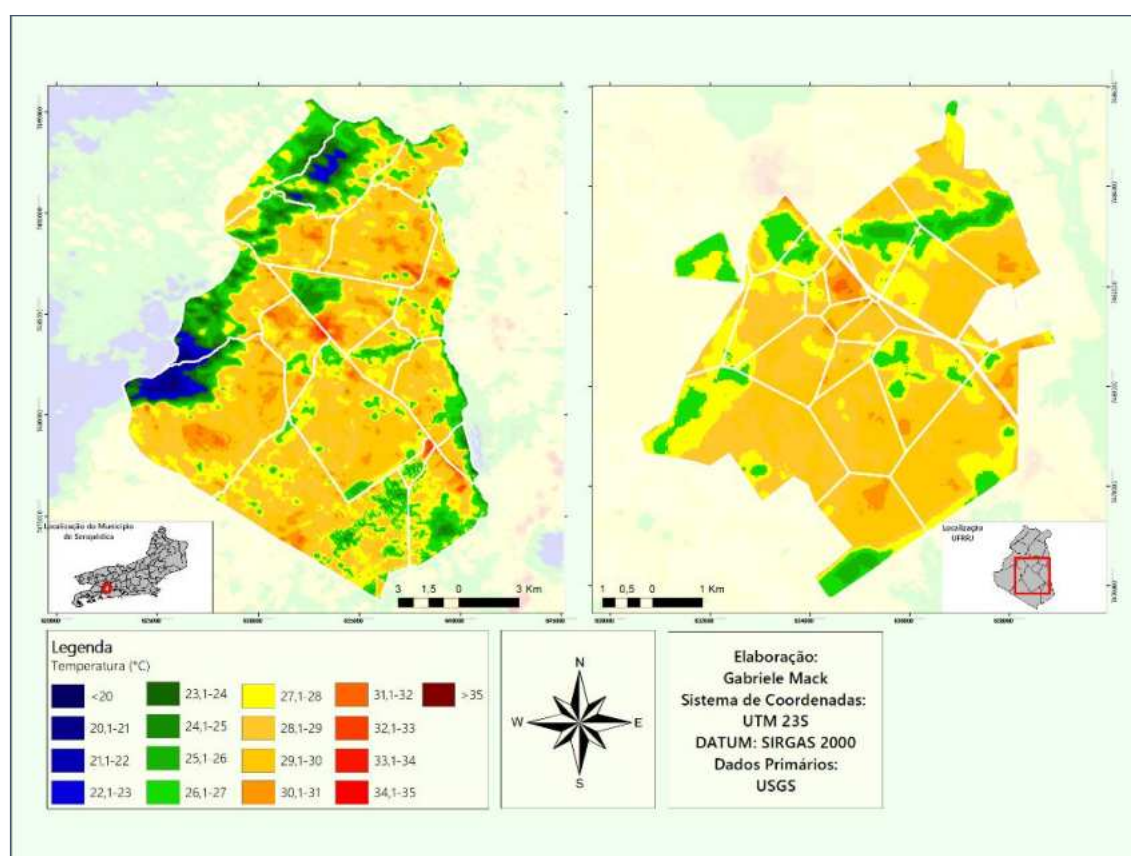


FIGURA 6 - Mapa da Temperatura da Superfície Continental (TSC) - composição dos anos de 2001 a 2020, de Seropédica e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Internamente ao *campus*, áreas com deficiência de arborização mostraram TSC médias mais altas, como o P1. No *campus*, o Jardim Botânico não registrou a menor média de temperatura, como poderia se esperar, e que se deve a presença de outros espaços verdes, e densos, no *campus*. Na comparação com o principal espaço da Universidade, o P1, observou-se que o Jardim Botânico apresentou médias bem inferiores, com destaque para o ano de 2001, onde o P1 apresentou 26,2°C de média e o Jardim Botânico apresentou 24,0°C.

Em Seropédica, os bairros também exibiram médias da TSC inferiores, quando relacionamos ao uso rural e a bairros mais arborizados, como Santa Sofia, enquanto os bairros da malha urbana, Fazenda Caxias e Boa Esperança, encabeçam os bairros mais quentes. Analisados especificamente três anos (2001, 2011 e 2020) para o município de Seropédica, em 2001, a TSC média foi de 24,3°C; em 2011, registrou-se 28,0°C; e, em 2020, observou-se 28,3°C, o que mostra a segunda década de estudo mais quente.

Este trabalho é um ensaio sobre o uso do sensoriamento remoto termal, no contexto de uma universidade com a sua cidade. A série temporal extensa mostra um banco de dados adequado para a análise espacial da TSC em espaços na escala da cidade e mesmo da universidade. O método e os dados devem ser aperfeiçoados, pelo uso de outros sensores, além do Landsat (com passagem a cada 16 dias), que ampliem a resolução temporal, ou pelo uso de outros algoritmos de cálculo da TSC. Entende-se que o sensoriamento remoto termal é uma ferramenta essencial e eficaz para o mapeamento dos espaços de calor, especialmente, em tempos de discussão e alarmes sobre as mudanças climáticas, para subsidiar políticas de gestão, visando o planejamento urbano-ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, L.R.L., PERES, L.F. LUCENA, A.J. **Impactos do complexo petroquímico do Rio de Janeiro no leste da região metropolitana do Rio de Janeiro utilizando dados de sensoriamento remoto**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- DANTAS, M.E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. (Relatório técnico). Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2000.
- FLORENZANO, T.G. **Imagens de Satélite Para Estudos Ambientais**. Oficina de Textos, 2002.
- GONÇALVES, J.L.G; Francisco, P.R.M; Vieira, E.N. de L. Identificação de áreas degradadas através de técnicas de detecção de mudanças. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação (VIICONNEPI), Salvador, ago. 2013. **Anais...**, 2013. p 1-10.
- LISBOA, V. Baixada Fluminense tem história de mobilização, afirma ativista: região tem 13 municípios de diferentes dimensões e problemas. **Agência Brasil**, Rio de Janeiro, 30 abr. 2023.
- TORRES, F.T.P.; MACHADO, P.J. de O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Ed. Geographica, 2008. 234 p. (Série Textos Básicos de Geografia).
- USGS (United States Geological Survey). Landsat 8. U.S. Geological Survey. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>

CAPÍTULO 87

MAPEAMENTO DE ALAGAMENTOS COM IMAGENS PLANET EM BACIAS URBANAS

Pablo Simões¹

Felix Carriello¹

1. Universidade Federal Fluminense – UFF. Instituto de Geociências. Departamento de Análise Geoambiental. Avenida Litorânea, s/n. Praia Vermelha. Niterói. RJ. CEP: 24210-346. pablosimões@id.uff.br; felixcarriello@id.uff.br.

RESUMO

Esse trabalho busca mapear o evento de alagamento, ocorrido entre o dia 14 e 20 de janeiro na cidade de Duque de Caxias. Para a observação do evento, foram utilizadas imagens de satélite, provenientes do Programa Planet, o qual possui uma constelação, que gera imagens diárias e com a resolução espacial de 3 m, além da disponibilidade de 4 bandas. Com as imagens já obtidas, foi feito o pré-processamento no Google Earth Engine, utilizando um limiar, definido a partir da observação de corpos d'água e da resposta espectral dos pixels, em alguns índices, utilizando as 4 bandas disponíveis, além das mesmas, de forma direta e independente. Assim, foi possível comparar que as imagens conseguiram alcançar a resolução necessárias para identificar as áreas alagadas entre casas, ruas e avenidas. Então, após a identificação do evento e das áreas afetadas, foi realizado um processo de classificação, a partir de amostras de pixels, que representaram a área afetada pelo evento. Buscando compreender o impacto gerado, foi também utilizada a imagem de um momento, em condições climatológicas consideradas normais, de alguns dias antes dos eventos. A imagem de "pré-evento", como foi chamada, passou por um processamento parecido. É necessário ainda destacar que o local apresenta vegetação densa, próxima aos rios e córregos, prejudicando, muitas vezes, a resposta espectral esperada de um pixel, que está localizado em rio ou lago.

Palavras-chave: mapeamento de alagamentos; Programa Planet; alta resolução temporal e espacial.

ABSTRACT

This work aims to map the flooding event that occurred between January 14 and 20 in the Duque de Caxias City. To observe the event, satellite images from the Planet Program were used. This program has a constellation that generates daily images with a spatial resolution of 4.77 m, and it provides four bands. With the images obtained, preprocessing was performed in Google Earth Engine, using a threshold defined based on the observation of water bodies from the spectral response of pixels in some indices using the four available bands, as well as the bands directly and independently. Thus, it was possible to compare and determine that the images achieved the necessary resolution to identify flooded areas among houses, streets, and avenues. After identifying the event and the affected areas, a classification process was conducted based on pixel samples representing the area impacted by the event. To understand the generated impact, an image from a moment with climatological conditions considered normal, taken a few days before the events, was also used. This "pre-event" image, as it was called, underwent similar processing. It is also necessary to highlight that the area has dense vegetation near rivers and streams, often hindering the expected spectral response of a pixel located in a river or lake.

Keywords: flood mapping, Planet Program, high temporal and spatial resolution.

INTRODUÇÃO

Alagamentos ocorrem frequentemente em todo o país e, no Rio de Janeiro, mais especificamente, na Baixada Fluminense e na Região Serrana, esses eventos são, quase sempre, presentes em épocas específicas do ano. Alagamentos de pequenas e grandes bacias acontecem geralmente nas estações chuvosas e as consequências são, quase sempre, de perdas materiais enormes para a população envolvida – móveis, geladeiras, veículos, eletrônicos e produtos alimentícios; e, muitas das vezes, com perda de vidas de moradores, que são vítimas dos episódios de cheias de rios.

O mapeamento rápido, quase em tempo real, de áreas alagadas é crucial para a avaliação rápida de áreas e população atingidas, a fim de melhor socorrer e aplicar as medidas necessárias, após as águas baixarem. Nem sempre é possível ter imagens ópticas de alta resolução, no momento das chuvas, podendo atrasar o mapeamento (Huang; Wang; Li, 2018).

Alguns trabalhos utilizam o Programa Sentinel (Sing; Rawat, 2024) que também possui maior resolução espacial e temporal que os satélites Landsat, até então, o mais utilizado, por sua gratuidade e facilidade de aquisição de imagens, pois são distribuídas por vários centros.

Importante ressaltar que o Programa Sentinel possui Imagens Radar, que, por suas propriedades, podem ser utilizadas, mesmo com coberturas de nuvens e, por isso, o mapeamento pode ser realizado no momento do evento, caso o satélite esteja imageando o local (Vanama; Rao; Bhatt, 2021).

Este trabalho analisa a possibilidade de mapear a extensão de alagamentos, por meio da constelação de satélites *Dove*, do Programa Planet, que possui vários satélites em órbita baixa, com altas resoluções espacial e temporal. Por sua constelação de satélites e pela sua resolução temporal diária, que podem aumentar, com visadas laterais. Dessa forma, o presente trabalho utiliza imagens Planet, a fim de analisar as possibilidades de mapeamento rápido e através da confecção de Índices normalizados pela diferença da água (NDWI) para obter parâmetros antes e durante os alagamentos, para comparação de áreas que foram alagadas e diferenciando-as das áreas, anteriormente, com corpos de água permanentes do local.

MATERIAIS E MÉTODO

Para o estudo de alagamento através de imagens de alta resolução, foram utilizadas imagens Planet da constelação com o mesmo nome, em duas datas diferentes. Para a observação do evento, foram utilizadas imagens de satélite provenientes do projeto Planet, que possui uma constelação que gera imagens diárias e com a resolução espacial de até 3 m, além da disponibilidade de 4 bandas - azul, verde, vermelho e IVP. A resolução temporal é alcançada, devido ao grande número de satélites com mesmas características, e, dessa forma, revisitam o mesmo local, a cada dia. Foram utilizadas também grade estatística de população do IBGE, de 100 metros, com distribuição da população.

A escolha do bairro se deu, a partir de uma notícia veiculada por emissora de televisão aberta, em seus telejornais, durante todo o dia 15 de abril de 2024. Na reportagem exibida, havia pontos críticos, onde a água chegava a cerca de 1 metro de altura.

Com as imagens adquiridas, foi realizado o processamento no *Google Earth Engine* (GEE), plataforma para processamento de imagens em nuvem, de detecção de áreas alagadas e corpos hídricos, através do estudo de um limiar, definido a partir da observação de corpos hídricos de uma imagem “pré alagamento”. A resposta espectral dos *pixels*, para a detecção de corpos hídricos, foi realizada através do Índice de Diferença Normalizada da Água ou *Normalized Difference Water Index* (NDWI) (McFeeters, 1996). Silveira e Guaselli (2019) estimaram áreas alagadas no Rio Grande do Sul, através de imagens Landsat, utilizando NDWI com produtos coerentes. O NDWI é estabelecido pela Eq. 1:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

EQUAÇÃO 1 - Equação para o *Normalized Difference Water Index* (NDWI).

A banda do Infravermelho próximo delimitou, de forma não exagerada, os corpos hídricos, pois, o NDWI superestimou áreas alagadas, por exemplo, as áreas somente úmidas, visualmente, e a banda do Infravermelho próximo corrigiu esta superestimativa, além de confirmar as áreas que, de fato, estavam alagadas, não identificando áreas úmidas como corpos d'água.

Para detecção de áreas alagadas, foi identificado um limiar: um valor do NDWI (≥ 0.65) e valor de *pixel* da banda do infravermelho próximo (≤ 1500) foram utilizados para a detecção de corpos hídricos, identificando corpos hídricos permanentes na imagem “pré alagamento”. Com esses limiares, do pré-evento, já estabelecidos, a imagem do dia do alagamento foi adquirida no catálogo *Planet* e aplicado o NDWI, juntamente com o limiar para a banda IVP, processo idêntico ao realizado anteriormente para as imagens utilizadas para determinar o alagamento. Para estas imagens, os limiares foram (≥ 0.4) e (≤ 1900). Vale destacar que os valores foram obtidos, a partir de uma observação de valores de amostras, em pontos aleatórios de ambas as imagens; e, com isso, foi possível identificar quais seriam os valores mais adequados para separar o que seria a “água” e o que seria tratado como o “restante” (ou “não água”).

Posteriormente, foi utilizada a condição “.and” no *Google Earth Engine*, que possibilitou um concatenado entre a banda do IVP e o índice NDWI. Assim, de forma simplificada, o que aconteceu foi que os locais onde os valores do NDWI e da banda do IVP marcam na imagem esses limiares são os locais que foram considerados, de fato, uma área alagada ou com água presente. No caso em que as manchas não tiveram contato mínimo, foram consideradas áreas, onde aconteceu alguma resposta espectral semelhante, mas que, de fato, não é uma área com a presença de corpos d'água.

Com limiares, índices e bandas já definidos, foi utilizado um classificador supervisionado, no *Google Earth Engine*, baseado em um algoritmo de *Random Forest Classification*, onde, por meio de amostras (cerca de 1.400 pontos) foi treinado o modelo de classificação. O resultado gerado foi uma visualização em duas classes, uma classificação binária, onde 1 seria relativo à água e 0 a “outros” (tudo que não é água).

Para validar os dados obtidos na classificação supervisionada com *Random Forest*, foi utilizado o *Area²*, que é uma aplicação para *Google Earth Engine* que coleta pontos aleatórios (120 pontos totais), com base no tamanho das classes, em relação ao tamanho da área de estudos, para gerar estimativas estatísticas, como a acurácia global, o Kappa, entre outros dados.

Para estimar danos à população e calcular a população atingida pelos alagamentos mapeados, utilizamos a grade de população do IBGE, de 200 m x 200 m, que distribui a população urbana; e 1 km x 1 km para a população rural (IBGE, 2016). A grade é sobreposta à área alagada, para que possa ser conhecida, aproximadamente, a população atingida.

RESULTADOS

Assim, com os produtos já processados, é preciso destacar que as duas formas utilizadas para realizar a detecção, através da classificação resultante da resposta espectral dos *pixels* ou pelo método de classificação em *Random Forest*, obtiveram resultados muito semelhantes, principalmente, em áreas urbanizadas (Figura 1) e em grandes corpos d'água da região (como rios ou lagoas).

Porém, a classificação supervisionada, quando observada com a composição de falsa cor, através de 1.400 amostras, foi mais precisa em pontos, onde existiam sedimentos em suspensão ou, até mesmo, em áreas onde a vegetação estava em meio a áreas alagadas, o que dificultava a percepção do que seria água, sedimentos ou vegetação (Figura 2).



FIGURA 1 - Comparação entre a classificação (esquerda) e a resposta espectral (direita) para o meio urbano. Elaboração própria.

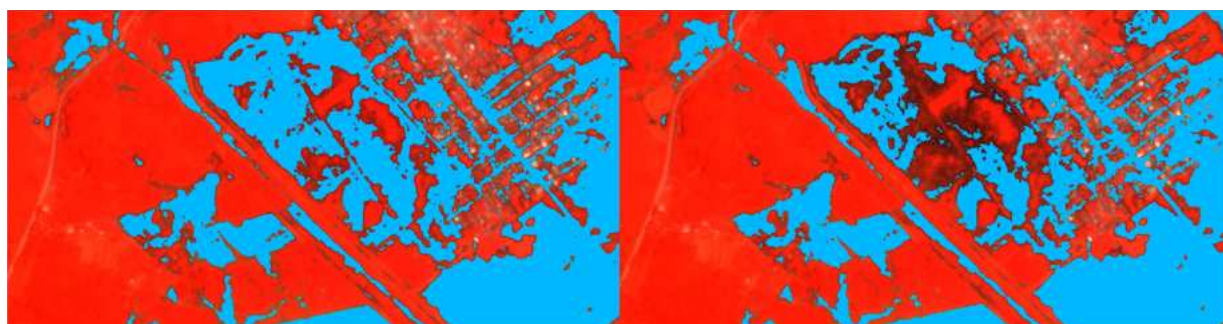


FIGURA 2 - Comparação entre a classificação (esquerda) e a resposta espectral (direita) para áreas com vegetação. Elaboração própria.

Assim, a escolha do método de classificação supervisionada com *Random Forest* foi o escolhido, para gerar o mapeamento final dos dois momentos, sendo o pré e durante o evento.

Já o mapeamento final (Figura 3) apresentou resultados considerados satisfatórios, visto que foi possível determinar quais as áreas que foram afetadas por um volume de água, que chegou a cerca de 1 m de altura, segundo relatado nas notícias veiculadas pelo portal de notícias G1.

Pelo fato de o produto proveniente do programa *PlanetScope* ter uma resolução espacial de até 3 m, foi possível, até mesmo, observar áreas, onde a água não escoou de volta para o canal, e assim, geraram pequenas pontas represados. Além disso, é válido destacar que, com essa precisão de detalhes, muitas vezes, nem o produto de radar, proveniente do Sentinel-1 (Figura 4), com resolução espacial de 10 m, foi capaz de detectar os canais radiculares, que são menores que os retificados, que levam até a Baía de Guanabara.

Dessa forma, é correto afirmar que a precisão, mesmo com bandas óticas, das imagens do *PlanetScope*, definiu-a como tendo um desempenho melhor para mapear e detectar esse evento. Porém, isso não significa que é melhor em todas as ocasiões. No caso de mapeamento de grandes eventos, que envolvem a lâmina d'água, sem muitos sedimentos ou vegetação, o radar, em grande parte das vezes, obterá uma acurácia maior na detecção da água.

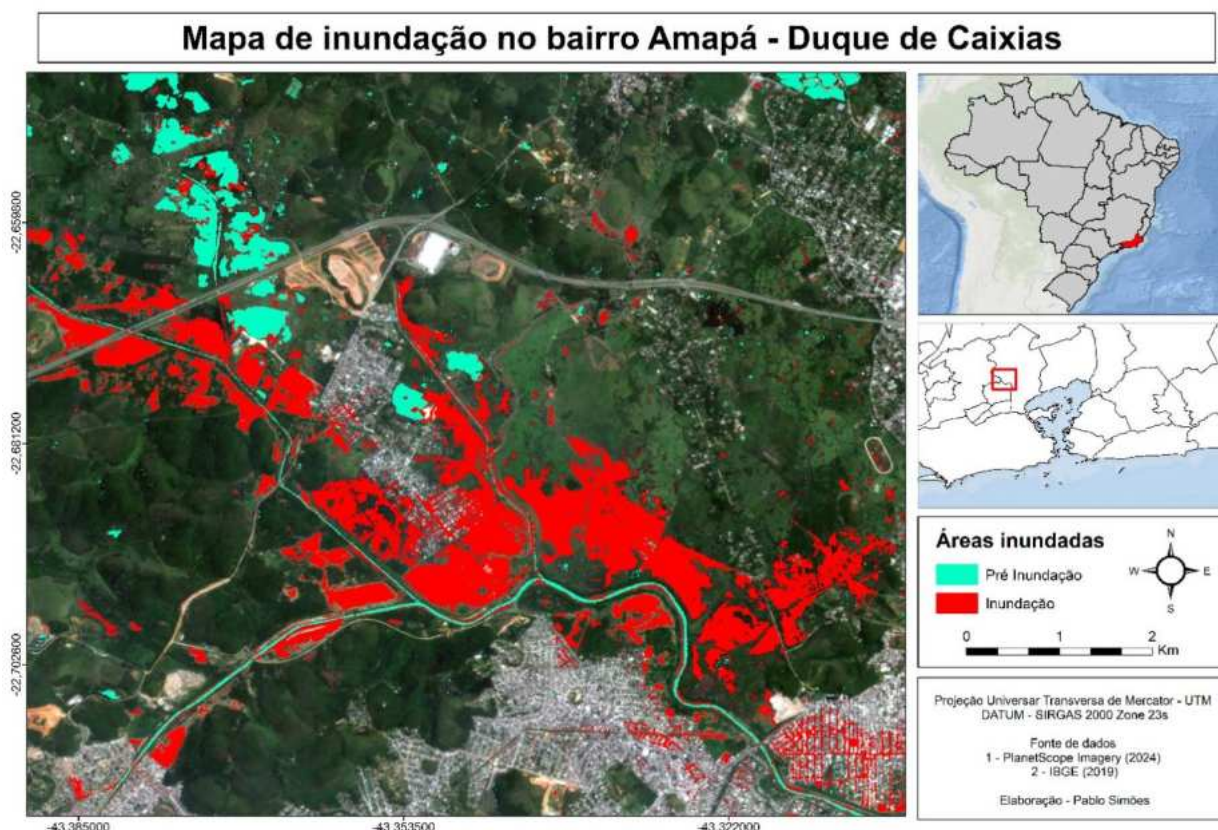


FIGURA 3 - Mapa de inundação do bairro Amapá. Elaboração própria.

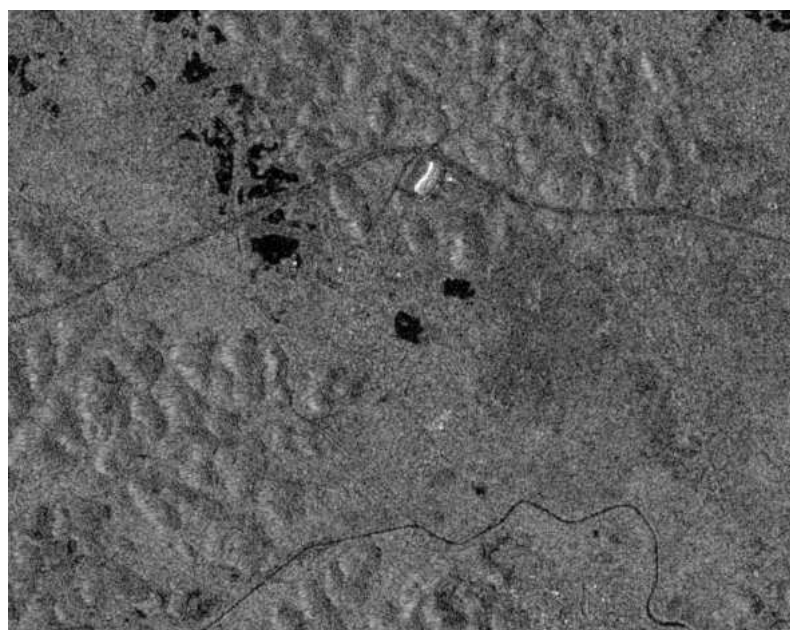


FIGURA 4 - Imagem do radar Sentinel 1, em uma condição de normalidade (relativo ao pré inundação). Elaboração própria.

Os mapeamentos, de pré e durante o evento, realizados com os dados processados, apresentou acurácia global, no pré-evento, de 0,883; e um Kappa de 0,767, que são valores satisfatórios para a área de estudo. Já no pós-evento, a acurácia global foi de 0,917 e o Kappa de 0,833, que são valores considerados bastante satisfatórios. Segundo Antunes e Lingnau (2004), o coeficiente de acurácia Kappa é o mais indicado na avaliação da classificação de imagens de sensoriamento remoto, por levar em conta os erros de comissão e omissão.

Sobre as amostras obtidas por classe, nos dois períodos diferentes, foram coletadas da seguinte forma: na imagem referente ao pré-evento, foram 30 pontos aleatórios, em áreas com água; e 30 pontos aleatórios, em áreas que não possuíam água. No pós-evento, os pontos foram coletados da mesma forma, 30 amostras para cada classe, visto que a área afetada foi praticamente metade da área de estudo. Assim, foram formadas as matrizes de confusão (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1 - Matriz de confusão para a pré-inundação.

Pré-Evento		Classificação			Exatidão total
		Água	Outras	Total	
Verdade terrestre	Água	26	4	30	88,33% (0,883)
	Outros	3	27	30	
Total		29	31	60	
Erro de comissão		10,43%	12,90%		
Erro de omissão		13,33%	10,00%		

Elaboração própria.

TABELA 2 - Matriz de confusão para o período de inundação.

Pré-Evento		Classificação			Exatidão total
		Água	Outras	Total	
Verdade terrestre	Água	25	5	30	91,66% (0,917)
	Outros	0	30	30	
Total		25	35	60	
Erro de comissão		0,00%	14,30%		
Erro de omissão		16,67%	0,00%		

Elaboração própria.

Em trabalhos como este, de detecção de eventos e mudanças, a avaliação de precisão é algo extremamente necessário, visto que, atualmente, com a facilidade de adquirir dados, em diversas plataformas distintas, a confecção de mapas nunca foi tão simples. Existem diversas formas de estabelecer a validação dos dados, porém, como o pré-processamento foi feito inteiramente no *Google Earth Engine*, foi mais prático utilizar o Area², para gerar os pontos aleatórios para a verificação com imagens de alta qualidade do Google Earth.

A população que mora próximo a corpos hídricos foi calculada nos dois mapeamentos, no pré-evento e no alagamento, para não superestimar a população envolvida, pois os dados levam em conta a distribuição da população, em grades 200 m x 200 metros. No mapeamento pré-evento, foram identificadas 42.936 pessoas, dentro das grades estatísticas do IBGE, sobrepostas às áreas próximas a corpos hídricos. No evento “alagamento”, a população atingida foi de 60.409, ou seja, mais de 17 mil pessoas, em aproximadamente 86 mil metros quadrados, foram atingidas no evento analisado. Cerca de 20% da população que habitava o polígono estudado foi atingida com as cheias.

CONCLUSÕES

A área de estudo, o bairro do Amapá em Duque de Caxias, foi selecionado através da observação de notícias veiculadas em diversos jornais, porém, é plausível afirmar que tais condições de inundação podem ocorrer também em outros bairros e cidades localizados na Baixada Fluminense, por suas características geomorfológicas.

É necessário ainda destacar que o local apresenta vegetação densa, próxima aos rios e córregos, prejudicando, muitas vezes, a resposta espectral esperada de um *pixel*, que está localizado próximo a um rio ou lago. Mesmo assim, foi possível afirmar que as imagens *PlanetScope* conseguiram alcançar a resolução necessária para identificar as áreas alagadas, entre casas, ruas e avenidas. E o resultado do mapeamento foi considerado satisfatório, à medida que a identificação de grandes áreas afetadas foi de qualidade.

Portanto, é plausível apontar que, em possíveis novos trabalhos, é possível acompanhar eventos diariamente, a partir da resolução temporal da fonte de dados, utilizada nesse trabalho, que geram imagens diárias. E assim, adquirir dados temporais, como, por exemplo, quanto tempo, após o início do evento, a condição de normalidade da área afetada seria identificada novamente. Além, é claro, de possibilitar a análise de novos locais, que, por suas características similares, provavelmente, sofrem com eventos parecidos.

É importante conhecer e quantificar a população envolvida, pois, dessa forma, o gestor público poderá encaminhar os esforços de materiais e técnicos para as áreas atingidas, conhecendo de antemão o “tamanho” do evento, que terá que acompanhar, minimizando as perdas de vidas, se possível, e os danos materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, A.F.B.; LINGNAU, C.; QUINTAS, M.L. Análise de acurácia de mapa de uso do solo oriundo de classificação de imagem de alta resolução. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 4, p. 101-113, 2004.
- HUANG, X.; WANG, C.; LI, Z. A near real-time flood-mapping approach by integrating social media and post-event satellite imagery. **Annals of GIS**, v. 24, n. 2, p. 113–123, 2018.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Grade estatística**. https://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica/censo_2010/grade_estatistica.pdf
- PEIXOTO, G. Bairro de Duque de Caxias alaga após água do Rio Iguaçu passar por cima de comportas, diz Inea. **G1**. 15 jan. 2024. <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2024/01/15/bairro-de-duque-de-caxias-alaga.ghtml>
- SARATHAMANI, A.P.; KUMAR, A. Fuzzy machine learning model for class-based flood damage assessment from planetscope temporal data. **J. Appl. Rem. Sens**, v. 18, n. 1, 014523, mar. 2024.
- SILVEIRA, G.V.; GUASSELLI, L.A. Mapeamento das Inundações a partir de NDWI no Município de Itaquí, Rio Uruguai – RS. **Revista Geociências**, v. 38, n. 2, p. 521-534, 2019.
- VANAMA, V.S.K.; RAO, Y.S., and BHATT, C.M. Change detection based flood mapping using multi-temporal Earth Observation satellite images: 2018 Flood event of Kerala, India. **European J. of Remote Sensing**, v. 54, n. 1, p. 42–58, 2021.

CAPÍTULO 88

MAPEAMENTO DE CICATRIZES DE DESLIZAMENTOS: UM ESTUDO DA BACIA DO RIO BRACUÍ, RJ

Pamella Oliveira da Silva¹

Debora da Paz Gomes Brandão Ferraz²

Paulo Jorge Vaitsman Leal³

Monika Richter³

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense - UFF. Pós-Graduação em Gestão de Territórios e Saberes. pamellaoliveira@id.uff.br.
2. Universidade Federal Fluminense - UFF. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. debora.ferraz93@gmail.com.
3. Universidade Federal Fluminense - UFF. Instituto de Educação de Angra dos Reis. Departamento de Geografia e Políticas Públicas. pjyleal@id.uff.br; mrichter@id.uff.br.

RESUMO

O mapeamento de cicatrizes de movimentos de massa é essencial para a avaliação de riscos para a gestão de riscos de desastres relacionados. Embora as técnicas de detecção de alterações tenham contribuído muito para a produção de inventários de movimentos de massa, ainda é um desafio, gerar mapas de qualidade. Diante do exposto, este trabalho buscou o mapeamento de cicatrizes em duas frentes distintas. Foi utilizada como área de estudo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Bracuí, porção do RJ, localizada em Angra dos Reis, no Sul Fluminense. Os métodos de mapeamento empregados foram: (i) mapeamento manual: através da vetorização de cicatrizes, em sobreposição a imagens de alta resolução; e, (ii) mapeamento semiautomatizado: gerado através do algoritmo Random Forest no Google Earth Engine (GEE). Os produtos temáticos resultantes foram validados e, como resultados, obteve-se índice Kappa 0,61 para o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra, incluindo as cicatrizes. E, considerando os mapeamentos manual e semiautomatizado de cicatrizes de deslizamento, obteve-se índice Kappa de 0,63 e 0,87 de exatidão total, ambos considerados satisfatórios.

Palavras-chave: mapeamento de movimentos de massa; mapeamento semiautomatizado; Bacia Hidrográfica do Rio Bracuí.

ABSTRACT

Mapping landslide scars is essential for assessing risks related to this type of process and for improving disaster risk management. Although change detection techniques have contributed greatly to the production of landslide inventories, it is still a challenge to generate quality maps. Given the above, this work sought to map scars on two distinct fronts. The Bracuí River Basin, the portion in RJ, located in Angra dos Reis municipality, in the south of Rio de Janeiro, was used as the study area. The mapping methods used were: (i) manual mapping: through the vectorization of scars superimposed on high-resolution images; and, (ii) semi-automated mapping: generated through the random forest algorithm in Google Earth Engine (GEE). The resulting thematic products were validated and as a result, the kappa index 0,61 was obtained for mapping the classes of use and coverage, including scars, and as a comparison between the manual and semi-atomized mapping of sliding scars, the kappa index was obtained 0,63 e 0,87, both considered satisfactory.

Keywords: mapping of landslides; semiautomated mapping; Bracui Hydrographic Basin.

INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa são processos naturais, comumente envolvidos em desastres, em muitas cidades brasileiras, resultando em grandes perdas para a população. No contexto das atuais mudanças climáticas e da tendência de aumento da frequência e magnitude dos eventos climáticos extremos, os movimentos de massa devem ocorrer com maior frequência, aumentando os riscos nas áreas suscetíveis.

Os inventários de movimentos de massa são fundamentais para a gestão de riscos, uma vez que eles podem documentar a localização, a extensão espacial dos eventos, assim como a data de ocorrência e permitem analisar a relação entre esses processos e fatores físicos e sociais das áreas atingidas, sendo essenciais, para a proposição e avaliação de medidas de redução dos riscos.

As abordagens manuais de mapeamento de movimentos de massa, que dependem da interpretação visual de fotos aéreas ou imagens de satélite, demandam muito tempo para o mapeamento de grandes áreas. Por isso, as técnicas manuais têm sido substituídas por técnicas automatizadas ou semi-automatizadas de interpretação de imagens (Scaioni *et al.*, 2014).

Os métodos de mapeamento automatizado de movimentos de massa, usando imagens de sensoriamento remoto, podem ser classificados em dois grupos: métodos baseados em *pixels* e métodos baseados em objetos. Os métodos baseados em *pixels*, comumente usados, envolvem principalmente técnicas de detecção de alterações, técnica de correlação de imagens e algoritmos de classificação de imagens. No entanto, os métodos baseados em *pixels* são comparativamente sensíveis ao ruído e podem falhar, quando a informação espectral é limitada. Assim, para uma investigação mais aprofundada das características espaciais e contextuais dos movimentos de massa, a análise orientada a objetos (OOA) pode ser uma boa opção.

Ainda que o mapeamento de movimentos de massa, através do OOA, possa alcançar melhor precisão do que a abordagem baseada em *pixels* (Keyport *et al.*, 2018), a eficácia do OOA é altamente dependente da qualidade da segmentação da imagem. A super e subsegmentação de cicatrizes de deslizamentos ocorre frequentemente, especialmente, com tipos complexos de cobertura do solo, como grandes áreas urbanas dentro de imagens. Este problema pode ser difícil de resolver, mesmo com segmentação de otimização multiescala, reduzindo assim, até certo ponto, a eficiência e a precisão do mapeamento. Já a abordagem NDVI, baseia-se no pressuposto de que os movimentos de massa, geralmente, resultam em perturbações da vegetação. Embora tais métodos tenham sido utilizados com sucesso para mapeamento de movimentos de massa, eles levaram em consideração apenas as informações espectrais, sem considerar outras características contextuais espaciais entre os movimentos de massa e seu entorno.

Angra dos Reis é um dos municípios brasileiros com maior registro de mortes por movimentos de massa (Macedo e Martins, 2015) e, para subsidiar a gestão de riscos relacionados a esse tipo de processo, um inventário de movimentos de massa vem sendo elaborado, através da interpretação manual de cicatrizes de deslizamentos e de fluxos de detritos e vetorização, em sobreposição a imagens multiespectrais, para a área do município. No presente estudo, os resultados de um mapeamento semiautomatizado: gerado através do algoritmo Random Forest, foi comparado com o mapeamento manual feito para o inventário. Ambos os mapeamentos contemplaram os movimentos de massa, decorrentes do evento pluviométrico dos dias 8 e 9 de dezembro de 2023, dentro da porção fluminense da bacia do rio Bracuí, onde centenas de cicatrizes de movimentos de massa foram gerados (Figura 1) e muitas perdas foram sentidas pela população atingida. Espera-se que, com a utilização do mapeamento automatizado, a atualização do Inventário de Movimentos de massa de Angra dos Reis seja facilitada.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo é a porção da bacia hidrográfica do rio Bracuí, que está inserido no estado do Rio de Janeiro, no município de Angra dos Reis, no Sul Fluminense, onde ocorreu um evento geomorfológico muito significativo, em resposta à chuva dos dias 8 e 9 de dezembro de 2023. Centenas de deslizamentos ocorreram nas partes altas da bacia, gerando fluxos de detritos nos principais rios tributários do rio Bracuí, o que promoveu o entulhamento da rede de canais, pelos sedimentos mais grossos, e, na parte baixa da bacia, muitos moradores do bairro do Bracuí foram afetados pela

inundação resultante. A chuva registrada na estação Bracuí (n. 330010003A, do Cemaden), foi de 250 mm, em 40 horas, sendo que 178 mm foram precipitados, num período de apenas 7 horas. Como a estação pluviométrica fica na parte baixa da bacia, estima-se que os acumulados de chuva nas partes mais altas da bacia, onde a concentração de movimentos de massa foi muito grande, tenham sido ainda mais altos.

Segundo o Formulário de Informações do Desastre (FIDE), disponibilizado pela Defesa Civil de Angra dos Reis, foram 2 mortos, 10 feridos, 6 enfermos, 441 desabrigados, 5.231 desalojados e um total de 41.685 afetados pelo desastre. Essas informações dão uma dimensão da magnitude do desastre vivenciado pela população e nos mostra a importância de melhor entender os fenômenos envolvidos nos desastres, para pensar em formas de minimizar os riscos e aumentar a proteção das comunidades.

Mapeamento Manual

O Inventário de Movimentos de Massa de Angra dos Reis é um inventário multitemporal, composto pelas cicatrizes de movimentos de massa, mapeadas em fotografias aéreas e imagens de satélites, principalmente, as disponíveis na plataforma Google Earth, além de mapeamentos de cicatrizes, disponíveis na literatura científica ou de instituições públicas. O mapeamento vem sendo realizado sistematicamente, em todo o território do município de Angra dos Reis, e as informações são integradas em um sistema de Informação geográfica (SIG). O inventário vem permitindo a obtenção de informações, inclusive, para as áreas sem ocupação humana e de difícil acesso, além de possibilitar análises sobre a área das cicatrizes, sobre a geometria das encostas afetadas, características da população atingida, entre outras. Para mais informações sobre a construção do Inventário de Movimentos de Massa de Angra dos Reis, consulte Leal *et al.* (2022a e 2022b) e Silva *et al.* (2023). O inventário registra a tipologia dos processos de movimentos de massa, a data da imagem utilizada na delimitação das cicatrizes ou a fonte do mapeamento (no caso dos dados secundários), a data do deslizamento (nos casos em que foi possível a estimativa), para vários períodos. Entretanto, o presente trabalho utiliza apenas as cicatrizes ocorridas no evento dos dias 08 e 09 de dezembro de 2023, na bacia do rio Bracuí. Para o mapeamento, foram utilizadas imagens multiespectrais, disponíveis na plataforma *Planet* (<https://account.planet.com/>), imagens correspondentes aos dias 15/12/2023 e 17/12/2023, onde as cicatrizes foram vetorizadas manualmente, em sobreposição à imagem utilizada.

Mapeamento Automatizado

Na tentativa de automatizar o mapeamento e, em especial, contribuir com a identificação das cicatrizes, foram realizadas duas classificações com o uso do algoritmo Random Forest (RF), implementado no *Google Earth Engine* (*ee.Classifier.smileRandomForest*). O RF consiste em um método amplamente utilizado na aprendizagem de máquina (*machine learning*) para resolver problemas de classificação supervisionada e regressão (Breiman, 2001). A ideia básica é combinar classificações, provenientes de várias árvores de decisão, treinadas individualmente, em diferentes subconjuntos de dados, para obter a classificação desejada (Zanotta *et al.*, 2019). Os dados de entrada são inseridos simultaneamente em todas as árvores criadas, resultando em uma sequência de resultados. A classe com maior número de ocorrências com pontos de validação classificados corretamente, é considerada a vencedora.

Foram realizadas duas classificações, a primeira, utilizando como dados, todas as bandas da imagem Planet e NDVI, e a segunda, mantendo os dados e adicionado o SRTM. As imagens utilizadas são provenientes da constelação de satélites Planet, que são obtidas por cerca de 130 satélites, com 4 bandas espectrais. A resolução espacial do Planet é de 3 metros, o que permite a visualização detalhada, possibilitando uma variedade de aplicações, como para o monitoramento dos fenômenos, o planejamento urbano e a resposta a desastres. O SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), a

missão espacial que mapeou a topografia da Terra, utilizando um radar, durante a missão do ônibus espacial Endeavour, em 2000, fornece dados de elevação global, com resolução de 30 metros.

Uma etapa fundamental para a classificação das imagens com o RF, é a amostragem dos diferentes tipos de uso e cobertura na área de estudo. Nesta pesquisa, os pontos utilizados foram coletados no próprio *Google Earth Engine*, tendo sido utilizados 432 pontos, divididos entre as classes. A escolha das classes foi baseada nas ocorrências dos deslizamentos, mas também em outros uso e cobertura existentes na região, totalizando 8 classes, sendo elas: Vegetação (82 amostras), Área Urbana (78 amostras), Corpos Hídricos (85 amostras), Solo Exposto (20 amostras), Pasto (34 amostras), Cicatriz (91 amostras), Rio com sedimentos (48 amostras) e Areia (14 amostras). Nos dois mapeamentos, com e sem o SRTM, foram utilizadas as mesmas amostras.

Entre os parâmetros utilizados, destacam-se: um número de árvores (*ntree*) igual a 300; o valor padrão de variáveis, selecionadas aleatoriamente a cada nó (*mtry*), aproximadamente 11, correspondendo à raiz quadrada do número de variáveis; e não houve limitação para o valor de nós finais (*maxNodes*).

Para a validação, a classificação com o uso do SRTM apresentou visivelmente um resultado, principalmente, na identificação das cicatrizes, e por isso foi gerada uma matriz de confusão para a validação das suas classes, com 165 pontos gerados de forma aleatória e distribuídos considerando a proporção de cada classe dentro da área de estudo. A partir disso, foram calculadas algumas métricas de precisão, como a acurácia global, a acurácia do usuário, a acurácia do produtor e o Índice Kappa.

Por último, foi realizada uma validação, comparando as cicatrizes, que foram obtidas a partir do Random Forest, com as que foram classificadas manualmente. Para isso, foram gerados 80 pontos aleatórios, interpretados visualmente, e uma outra matriz de confusão foi gerada, sendo calculadas as mesmas métricas e o F-Score. O F-Score é uma média harmônica, uma métrica que combina acurácia do usuário, precisão e a acurácia do produtor, *recall*, de maneira equilibrada (Sasaki, 2007).

RESULTADOS

Foram identificados, como principais tipos de rupturas de encostas, ocorridos no evento analisado, uma grande quantidade de deslizamentos translacionais que, em grande medida, se conectaram à rede de canais de drenagem e formaram fluxos de detritos canalizados, alimentando o sistema fluvial com grandes quantidades de sedimentos, depositando uma grande carga detrítica, ao longo dos canais principais, gerando inundação na parte baixa da bacia. O evento resultante da chuva dos dias 8 e 9 de dezembro de 2023, foi o evento com a maior densidade e com o maior número absoluto de cicatrizes de deslizamentos e de fluxos de detritos, registrado até o momento, pelo Inventário de Movimentos de Massa de Angra dos Reis. A identificação de bacias de drenagem com alta suscetibilidade de ocorrência de fluxos de detritos é importante, pois esse tipo de processo pode alcançar distâncias significativas, a depender da conectividade estrutural dentro de uma bacia hidrográfica (Sterger *et al.*, 2022) e atingir áreas de moradias, a vários quilômetros da sua origem. Vale salientar que os fluxos detríticos podem ser tanto originados de deslizamentos recentes, como de uma reativação de depósitos sedimentares antigos, que se canalizaram ao longo dos leitos de drenagem (Gomes, 2016).

Os deslizamentos afetaram diretamente muitos moradores, além da comunidade do Quilombo Santa Rita do Bracuí e da aldeia Guarani Sapukai. A grande quantidade de sedimentos, depositados ao longo da rede de canais de drenagem, e o volume de água, causaram o transbordamento do rio Bracuí e a inundação na parte baixa da bacia, afetando a população do bairro do Bracuí.

O mapeamento manual desdobrou-se no registro de 409 cicatrizes de deslizamentos. Como apresentado no trabalho de Schwarz (2023) e colaboradores, a restrição da identificação visual das feições ocorre principalmente pela resolução espacial e no sombreamento das encostas, propiciando que as menores feições não sejam visualizadas. Um aspecto que influenciou bastante a comparação entre os mapeamentos, foi que, no mapeamento manual, as cicatrizes comparadas eram referentes

aos deslizamentos translacionais. Esse aspecto pode ser observado na Figura 2, onde várias cicatrizes foram detectadas, ao longo dos canais de drenagem, no mapeamento automatizado, em contraste com o mapeamento manual. Espera-se que, com a inclusão das cicatrizes dos fluxos de detritos, os resultados sejam mais satisfatórios.

Em relação ao mapeamento semiautomatizado (Figura 1), por meio da matriz de confusão, foi possível obter tanto os coeficientes de concordância geral (exatidão global e índice Kappa), como também os percentuais de acurácia individuais de cada classe (acurácia do usuário e acurácia do produtor). Com base na matriz de confusão, a exatidão global apresentou um percentual de acerto de 72%, já o índice Kappa obteve uma concordância de 62,10%. Ambos os índices indicaram uma acurácia considerada satisfatória, de acordo com Landis e Koch (1977).

O índice Kappa leva em consideração todas as células da matriz de confusão (erros de comissão e omissão), o que pode tornar o valor da acurácia mais consistente. A exatidão global considera apenas os pontos corretamente classificados na matriz de confusão (diagonal principal) e o total de pontos amostrais. Por esse motivo, a mesma obteve uma concordância maior do que o índice Kappa. Contudo, ambos os índices são amplamente utilizados, para a validação da acurácia, em mapeamentos temáticos de uso e cobertura da terra. Já os percentuais da acurácia do usuário e do produtor, são utilizadas para medir os índices de concordância individual para cada classe. A acurácia do usuário está relacionada com o erro de inclusão ou comissão, enquanto que a acurácia do produtor, refere-se ao erro de omissão. Através da acurácia do usuário, foi possível observar que a classificação obteve um alto acerto na classe vegetação florestal e, para áreas urbanas, um baixo percentual. Por outro lado, na acurácia do produtor, as classes que apresentaram o maior valor de acurácia foram corpos hídricos e vegetação, enquanto que a classe areia, o mais alto erro de omissão.

Com relação ao mapeamento automatizado, tendo como referência o mapeamento manual (Figura 2), observa-se que, no processo de validação (Tab. 1), os resultados alcançados foram bastante satisfatórios, com exatidão global de 0,8125, Kappa de 0,625 e o F-Score de 0,7887324. Salienta-se que o procedimento manual também possui imprecisões, que serão verificadas adiante, por levantamento com *Remotely Piloted Aircraft System* (RPA), para uma resolução mais detalhada.

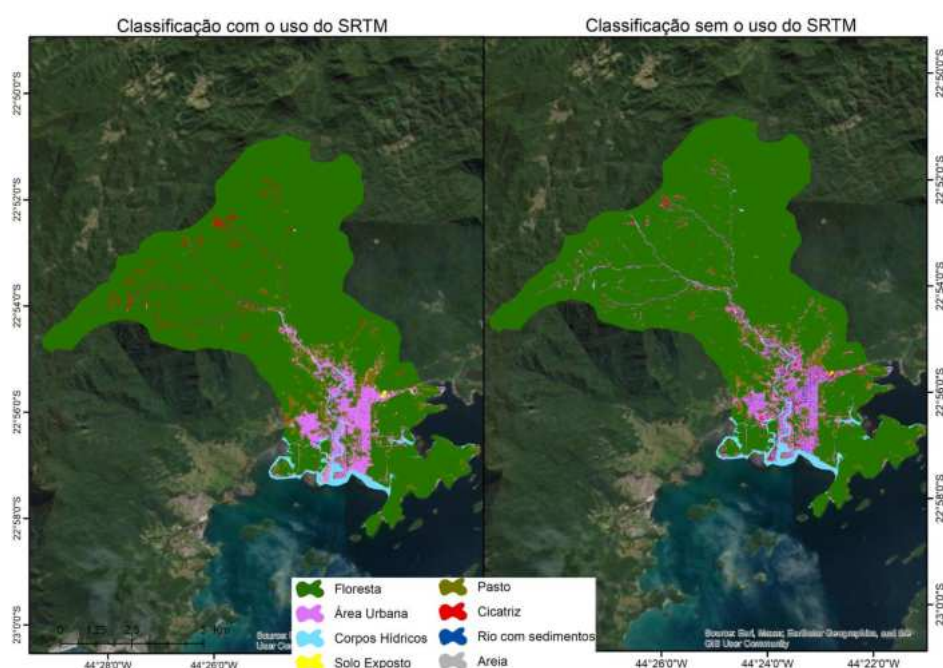


FIGURA 1 - Classificação semiautomatizada de imagem Planet de 15/12/2023, por meio do algoritmo Random Forest, com e sem o uso do SRTM. Elaboração própria.

TABELA 1 - Validação do mapeamento de cicatrizes automatizado em relação ao mapeamento manual.

		Classificação			Acurácia do Produtor	Erro de Omissão	Exatidão Total	Índice Kappa	F-score
	Classes	Cicatriz es	Não Cicatriz	Total					
Referência	Cicatrizes	28	3	31	90,32	9,68	0,8125	0,625	0,7887324
	Não Cicatrizes	12	37	49	75,51	24,49			
		Total	40	40	80				
Acurácia do Usuário		70	92,5						
Erro de Comissão		30	7,5						

Elaboração própria.

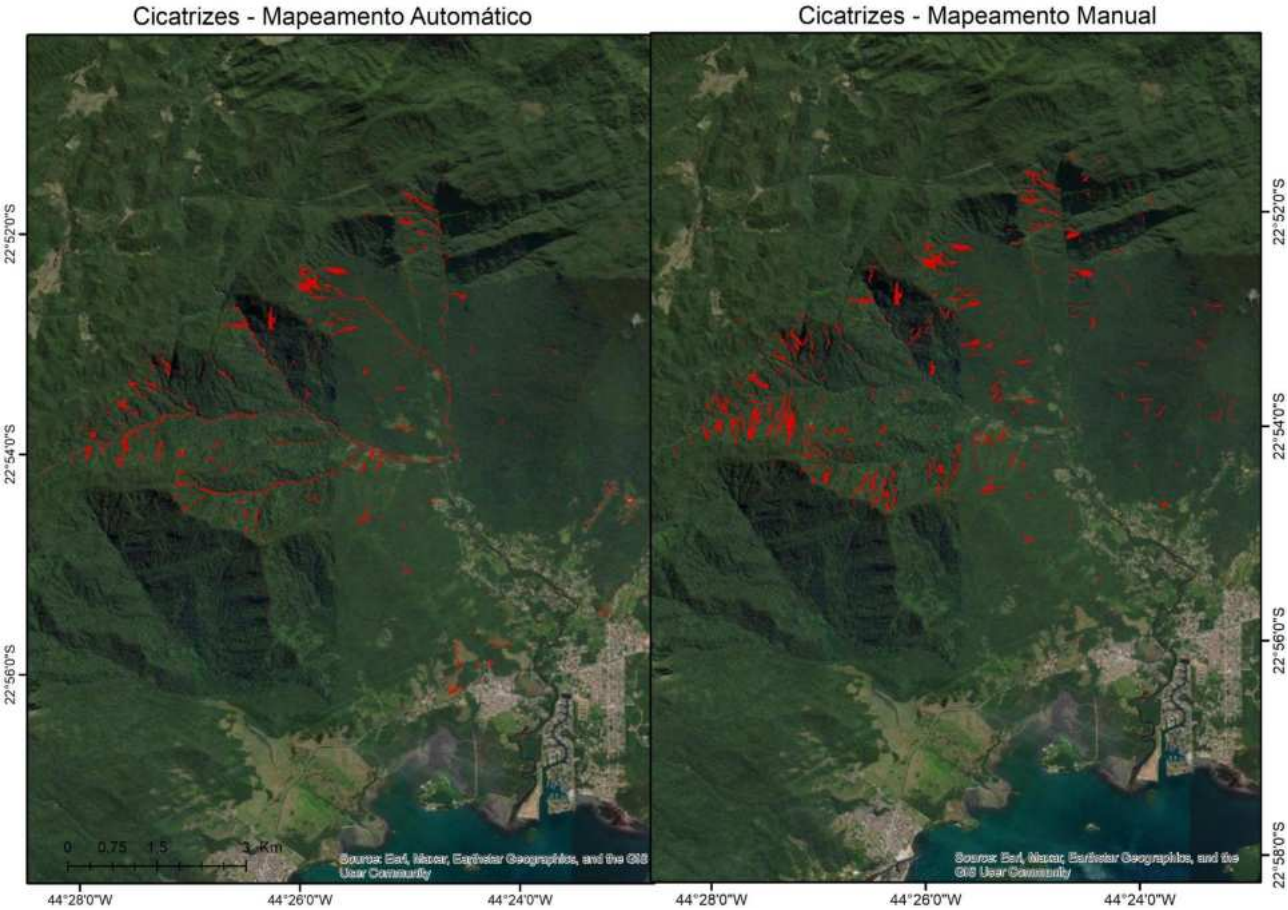


FIGURA 2 - Os deslizamentos mapeados de forma manual e automaticamente (vermelho) sobrepostos na imagem pós-evento. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

No mapeamento semiautomatizado apresentado, foi possível identificar que, enquanto algumas classes obtiveram alto percentual de acertos, a exemplo da vegetação florestal e corpos hídricos e pasto, outras tiveram menor acuracidade, a exemplo da areia, rio com sedimento e solo exposto, sendo área urbana, a mais baixa. Sugere-se que algumas classes poderiam ser agrupadas ou descartadas, minimizando o erro, assim como os ajustes na amostragem. Salienta-se também que o Random Forest é um algoritmo de classificação *pixel a pixel* e não houve tratamento pós classificação, de forma a minimizar o efeito *salt and pepper*. Todavia, o mapeamento automatizado resultante, se mostrou um interessante produto, dada a rapidez na resposta, quanto a inventariação de cicatrizes de movimentos de massa.

O conhecimento da distribuição espaço-temporal dos movimentos de massa representa uma das etapas cruciais para compreender o comportamento desse fenômeno na natureza. A obtenção de meios que possam facilitar uma resposta mais eficaz a esses eventos, só será possível, quando for compreendido como se distribuem e se manifestam nos locais de ocorrência.

Dessa forma, os resultados da presente pesquisa contribuem bastante com o Inventário de Movimentos de Massa de Angra dos Reis, já que representa o início da utilização da interpretação semiautomatizada de imagens para a identificação de cicatrizes de movimentos de massa. Esse tipo de técnica promete facilitar a atualização sistemática do Inventário, na medida em que a resolução temporal das imagens de satélite vem aumentando e que os movimentos de massa ocorrem com grande frequência. Além disso, o melhor entendimento sobre a magnitude e a frequência desses eventos de movimentos de massa, como o evento descrito neste trabalho, são de extrema importância, tanto para o entendimento geomorfológico como para a gestão dos riscos associados. E a única forma de melhorar esse entendimento, é a partir do registro desses processos, por meio de inventários multitemporais de movimentos de massa, baseados em eventos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREIMAN, L. Random forests. **Machine learning**, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.
- GOMES, M.C.V. **Corridas de detritos e as taxas de denudação a longo-termo da Serra do Mar/SP**. 2016. 140f. Tese de Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- GUZZETTI, F.; MONDINI, A.C.; CARDINALI, M. Landslide inventory maps: New tools for an old problem. **Earth Science Reviews**, v. 112, n. 1-2, p. 42-66, 2012.
- HÖBLING, D.; EISANK, C.; ALBRECHT, F.; VECCHIOTTI, F.; FRIEDL, B.; WEINKE, E.; KOCIU, A. Comparing Manual and Semi-Automated Landslide Mapping Based on Optical Satellite Images from Different Sensors. **Geosciences**, v. 7, n. 2, 2017.
- KEYPORT *et al.* A comparative analysis of pixel- and object-based detection of landslides from very high resolution images. **Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.** v. 64, p. 1-11, 2018.
- LANDIS, J.R; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 1, p. 159-174, mar. 1977.
- LEAL, P.J.V.; PIRES, F.J.S. ; MAGALHÃES, P.F. A produção e análise de dados na Costa Verde: o caso dos movimentos de massa de Angra dos Reis. In: RODRIGUES, A.; DEL RIO, A.; MONTEIRO, L.; MARTON, S. (org.). **Textos formativos desde as margens: periferia, território e interdisciplinaridade**. Jundiaí: Paco Editorial, 2022. p. 156-172.
- LEAL, P.J.V.; SILVA, P.O. ; PIRES, F.J.S.; OLIVEIRA, M.S. Relação entre declividade e forma de encostas e ocorrência de deslizamentos no município de Angra dos Reis, RJ. In: XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 07-13 nov. 2022, Rio de Janeiro. **Anais ...**, Rio de Janeiro, 2022.

- LU, P.; QIN, Y.; LI, Z.; MONDINI, A.C.; CASAGLO, N. Landslide mapping from multi-sensor data through improved change detection-based Markov random field. **Remote Sensing of Environment**, v. 231, 111235, 2019.
- MACEDO, E.S. de; MARTINS, P.P.D. Análise do Banco de Dados de Mortes por Deslizamentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). *In: XV Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia e Ambiental*, Bento Gonçalves, 18-21 out. 2015. **Anais...**, São Paulo: ABGE, 2015. p. 1-7.
- SANTANGELO, M.; CARDINALI, M.; ROSSI, M.; MONDINI, A.C.; GUZZETTI, F. Remote landslide mapping using a laser rangefinder binocular and GPS. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 10, p. 2539-2546, 2010.
- SASAKI, Y. *et al.* The truth of the F-measure. **Teach tutor mater**, v. 1, n. 5, p. 1- 5, 2007.
- SCAIONI, M.; LONGONI, L.; MELILLO, V.; PAPINI, M. Remote Sensing for Landslide Investigations: An Overview of Recent Achievements and Perspectives. **Remote Sens.** , v. 6, n. 10, 9600-9652, 2014.
- SCHWARZ, H. *et al.* Uso de caracterização morfométrica e geomorfológica na análise de mapeamentos de cicatrizes de escorregamentos. **Revista brasileira de geomorfologia**, v. 24, n. 1, jan.-mar. 2023.
- SILVA, P. O.; LEAL, P.J.V. Construção do inventário de cicatrizes de deslizamentos de Angra dos Reis, RJ. *In: IV Congresso Brasileiro de Redução de Risco e Desastres*, Vitória, ES, 09-12 out. 2023. Fatores Ambientais e Sociais Indutores de Riscos e Desastres: Experimentos e novas tecnologias. **Anais...**, Vitória: UFES, 2023.
- VALERIANO, M.D.M.; ROSSETT, D.D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32. n. 2, p. 300-309, 2012.
- ZANOTTA, D.C.; FERREIRA, M.P.; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CAPÍTULO 89

MAPEAMENTO DE COBERTURA E USO DA TERRA NO ESTADO DO PARÁ NO ANO DE 2020 - UMA COMPARAÇÃO COM A COBERTURA E USO DA TERRA DO IBGE DISPONIBILIZADO NA GRADE ESTATÍSTICA

Edwin Vicente Carrillo Varon¹
Anna Carolina Santos Vieira de Oliveira¹
Andreza de Souza Dias¹
Rafael Silva de Barros¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. edwin.carrillo@ufrj.br; annacarol03@gmail.com; andrezasdias@ufrj.br; rafael.barros@igeo.ufrj.br.

RESUMO

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) vinha conduzindo, a cada dois anos, o mapeamento da cobertura e uso da terra em todo o Brasil. Esse processo utilizava interpretação visual para classificação inicial e das diferenças, a cada biênio, além da Grade Estatística, para resultados e divulgação, sendo sua última atualização, em 2020. Este estudo em curso propõe uma alternativa para produção desses dados, por meio de métodos semiautomáticos. A importância desse mapeamento reside na sua contribuição para políticas ambientais, identificando áreas críticas para conservação e intervenção (Hansen; Loveland, 2012). O objetivo é desenvolver um método de mapeamento para o estado do Pará, para o ano de 2020, e comparar os resultados com o mesmo tipo de mapeamento disponível na Grade Estatística do IBGE, para o mesmo ano (IBGE, 2020). Foram utilizadas as imagens do sensor OLI do Landsat 8, com resolução de 30 metros, processadas no Google Earth Engine pela sua gratuidade e facilidade de acesso, com processamento em nuvem. Após o processamento, a classe predominante em cada célula da Grade Estatística será comparada com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para o ano de 2020. O principal resultado esperado é a espacialização e quantificação da cobertura da terra, comparando a versão oficial do IBGE com a produzida de forma semiautomática, destacando as diferenças. Esse estudo representa uma inovação na abordagem do IBGE, visando aprimorar a eficiência na produção de dados e garantir a sua confiabilidade.

Palavras-chave: grade estatística; controle de qualidade; classificação digital; Google Earth Engine.

ABSTRACT

The Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) has been mapping land cover and land use throughout Brazil every two years. This process used visual interpretation for classification, as well as the Statistical Grid for results and dissemination, and was last updated in 2020. This ongoing study proposes an alternative for producing this data using semi-automatic methods. The importance of this mapping lies in its contribution to environmental policies, identifying critical areas for conservation and intervention (Hansen; Loveland, 2012). The aim is to develop a mapping method for the state of Pará, following the IBGE approach until 2020, and to compare the results with the IBGE Statistical Grid. The 2020 mapping is reviewed for quality control, to be replicated in 2022 and beyond. Landsat 8 OLI sensor images are used, with a resolution of 30 meters, processed in Google Earth Engine due to its ease of access and cloud processing. After processing, the predominant class in each cell of the Statistical Grid will be compared with IBGE data from 2020. The main expected result is the spatialization and quantification of land cover, comparing the official IBGE version with the digitally produced one, highlighting the differences. This study represents an innovation in the IBGE's approach, aimed at improving efficiency in data production and guaranteeing its reliability.

Keywords: statistical grid; quality control; digital classification; Google Earth Engine.

INTRODUÇÃO

Desde o ano de 2015, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) vinha divulgando, em sua plataforma digital, os resultados do projeto de Monitoramento de Cobertura e Uso da Terra, em todo o território brasileiro, com o intuito deste servir como instrumento para suporte e orientação de ações, estudos e tomadas de decisões, que abrangem a questão de evolução do uso da terra, suas consequências e possíveis soluções para problemas ambientais.

Este levantamento, que vinha sendo realizado, a cada dois anos, era desenvolvido com a utilização do método de interpretação visual, para classificação dos dados das áreas, onde ocorreram mudanças no intervalo de tempo, ou seja, intérpretes do Instituto ficavam responsáveis por avaliar e classificar as áreas do território nacional, para o seu mapeamento. Um dos problemas da escolha desta metodologia era que as classes se tornavam sujeitas às atuações, que podiam variar, dependendo de cada intérprete.

Nesse contexto, o processo realizado pelo IBGE utiliza a Grade Estatística, como sua referência, sendo responsável pela geração e divulgação dos resultados, tendo sua última atualização, ocorrido no ano de 2020. Isto justifica a escolha do ano no presente estudo, uma vez que busca utilizar o resultado de 2020 do IBGE, como uma forma de controle de qualidade dos dados, equiparando-os, a fim de chegar em resultados tão satisfatórios quanto os do Instituto.

Dito isso, o presente estudo, que ainda está em andamento, tem como objetivo encontrar uma nova abordagem para a produção desses dados, utilizando métodos semiautomáticos, com o intuito de facilitar, em questões de tempo e processamento, a replicação do método para anos seguintes. Especificamente, está sendo desenvolvido um método para mapear a cobertura e uso da terra no estado do Pará, por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), baseada em nuvem, que facilita o acesso a recursos de computação de alto desempenho para o processamento de conjuntos de dados geoespaciais. Além disso, os resultados obtidos foram integrados à Grade Estatística do IBGE, possibilitando a comparação entre os dados, ao final do processo.

METODOLOGIA

Inicialmente, foram utilizados dados de limite territorial do Estado do Pará, adquiridos no site do IBGE, os quais, foram inseridos na plataforma do Google Earth Engine (GEE), para possibilitar a demarcação da área sobre a qual as imagens seriam utilizadas. A partir disso, foram adquiridas as imagens do Sensor OLI Landsat 8, utilizando critérios como a cobertura de nuvem (menor possível) e o intervalo de tempo (no caso, todo o ano de 2020), para melhorar a qualidade das imagens, de forma que a classificação se tornasse o mais satisfatória possível, para fins de comparação com a do IBGE 2020. Nessa etapa, houve alguns empecilhos que influenciaram no resultado, posto que, para a data selecionada, haviam poucas imagens sem nuvens disponíveis.

Com as imagens adquiridas, foi possível dar continuidade à elaboração do script no Google Earth Engine (GEE), aplicando, por exemplo, os índices espectrais NDVI (NASA, 2000), NDWI (McFeeters, 1996) e SAVI (Huete, 1988), além do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM (Farr; Kobrick, 2000) para auxiliar na coleta de amostras e refinar, ainda mais, a classificação final. Para classificar o conjunto de imagens, foi utilizado o algoritmo Random Forest (Breiman, 2001), que é classificado como um método de *ensemble*. Tais métodos, são empregados no campo do aprendizado de máquina (*machine learning*) e envolvem a criação de conjuntos de classificadores, que operam por meio de um sistema de votação, para identificar as classes mais adequadas para a categorização de novos dados. Este processo é realizado utilizando técnicas de classificação, baseadas em árvores de decisão. No contexto do Random Forest, cada árvore contribui com um voto singular, para a classe mais frequente, em uma dada entrada x . A decisão final do classificador é então determinada pela classe que recebe a maioria dos votos das árvores (Gislason, Benediktsson; Sveinsson, 2006).

Nesse contexto, foi necessário realizar a amostragem das classes, sendo escolhidas 40 amostras para cada uma das seguintes classes: Área Artificial, Área Agrícola, Pastagem com Manejo, Silvicultura, Formação Florestal, Área Úmida, Vegetação Campestre, Corpos Hídricos e Área Descoberta (classes utilizadas pelo IBGE). Foram desconsideradas as áreas de Mosaico de Ocupações em Área Florestal e Mosaico de Ocupações em Área Campestre, na classificação do GEE, buscando uma solução para as mesmas, ao final do mapeamento. Na Figura 1, é possível visualizar o mapa da área de estudo.

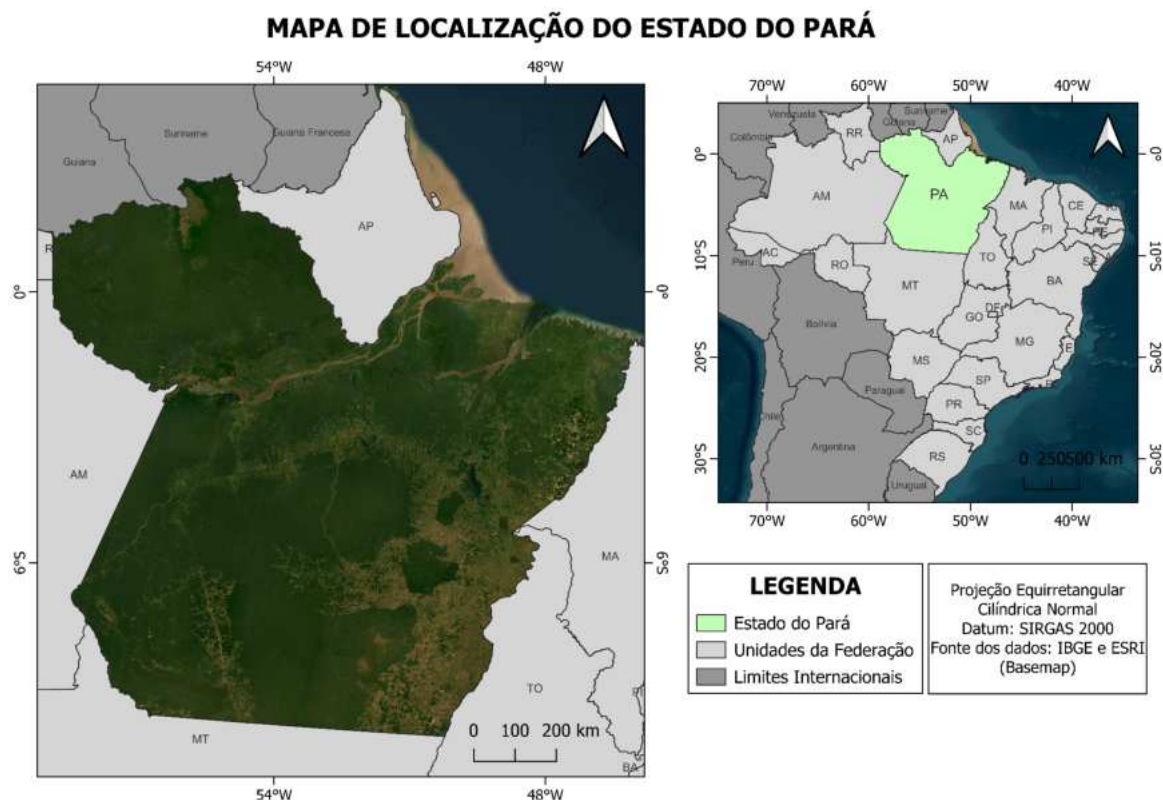


FIGURA 1 - Software Google Earth Engine. Elaboração própria.

Para validar os resultados do mapeamento, foi feita uma validação cruzada com o mapeamento de Cobertura e Uso da Terra do MapBiomass, também do ano de 2020. Nessa etapa, foi feita uma reclassificação do produto do MapBiomass, com o objetivo de fazer ele se adequar aos resultados do mapeamento do estudo. As classes que o MapBiomass mapeou como Área Urbanizada e Mineração foram reclassificadas como Área Artificial; Lavoura Temporária, Cana, Aquicultura, Dendê (beta), Lavoura Perene, Soja, Arroz, Outras Lavouras Temporárias, Café, Citrus, Outras Lavouras Perenes, Algodão (beta) e Mosaico de Usos foram reclassificadas como Agricultura; Outras Formações não Florestais, Formação Savânica, Mangue, Floresta Alagável (beta), Restinga Arbórea e Formação Florestal foram reclassificadas como Vegetação Florestal; Apicum foi reclassificado como Área Úmida; Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Restinga Herbácea Foram reclassificados como Vegetação Campestre.

Após isso, foi utilizada a função acurácia usando a ferramenta *semi automatic classification plugin* - SCP, (Congedo, 2021), do sistema de informação geográfica (SIG) QGIS, onde camadas matriciais são comparadas e validadas, *pixel a pixel*, para a obtenção da matriz de confusão, apresentada na próxima tabela. Desta forma, foi possível realizar o cálculo do índice Kappa do mapeamento inicial realizado no GEE. Em seguida, foi necessário utilizar a grade estatística do IBGE, que divide todo o estado do Pará em polígonos quadrados, com extensão de 1 km por 1 km, onde cada polígono é classificado, de acordo com a classe predominante dentro dele. Após a exportação da classificação

supervisionada do GEE, buscou-se transformar esses dados, em uma grade estatística similar ao produto do IBGE, mas com as classes obtidas, por meio do mapeamento individual. Nesta etapa, foi utilizada a função "Estatísticas Zonais", implementando o operador aritmético moda, no QGIS, onde a grade limpa foi selecionada como a camada de sobreposição e o produto exportado do GEE, como a camada *raster*.

Após isso, foi realizada uma análise visual para identificar as classes predominantes, onde a Grade do IBGE indica que é um dos Mosaicos. Foi observado que a classe Mosaico de Ocupações em Área Florestal, mapeada pelo IBGE, está localizada majoritariamente nas classes mapeadas como Floresta e Pastagem na classificação pelo GEE.

Assim, foi necessária a extração de um novo arquivo matricial com as classes Floresta e Pastagem para a realização de uma Estatística Zonal, dessa vez, sendo calculada a média entre os valores, daquelas duas classes dentro da célula da grade do IBGE. Como as classes podem ser identificadas por números com valores próximos, foi feita uma reclassificação, atribuindo 1 para uma das classes e 10, para a outra. Em seguida, foram analisados diferentes intervalos de valores de média, a fim de definir aqueles que permaneceriam como classes 1 ou 10, e os que seriam valores caracterizadores do mosaico. As médias próximas de 1 tiveram a classe 1 atribuída. Valores próximos de 10, mantiveram a classe 10. Os que se aproximaram dos valores centrais foram reclassificados para o número referente ao Mosaico em questão. Esse processo pode ser observado na Figura 2, que sintetiza, por meio de um fluxograma, os procedimentos realizados na pesquisa.

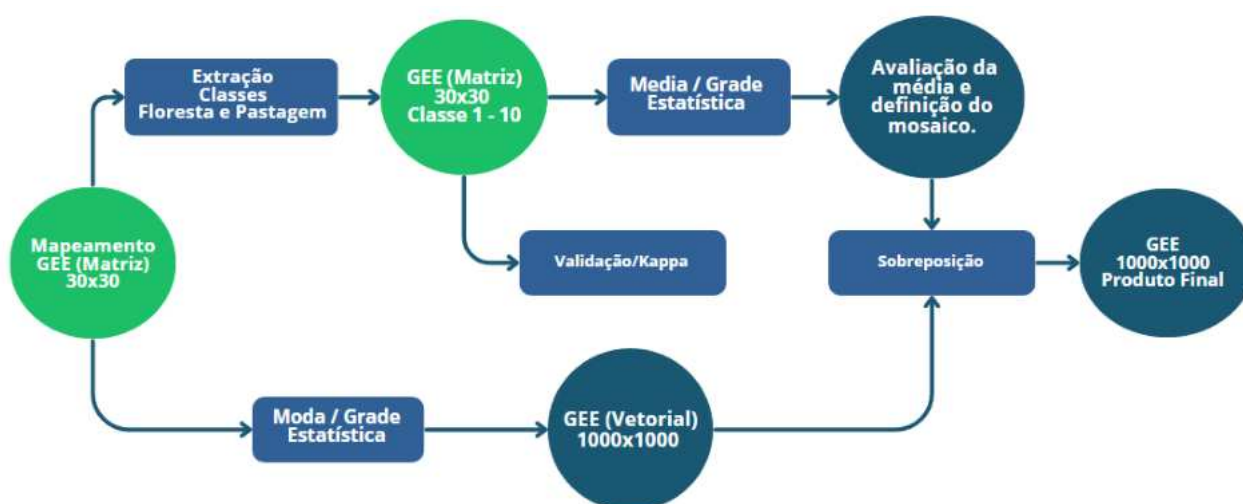


FIGURA 2 - Fluxograma de pesquisa. Elaboração própria.

RESULTADOS

Como resultados primários, obteve-se um mapa de Cobertura e Uso da Terra de toda a extensão do estado do Pará, que pode ser observado na Figura 3.

A Tabela 1 apresenta a matriz de confusão (referente à comparação do mapeamento realizado neste trabalho com o do MapBiomass para o mesmo ano) gerada para avaliar a exatidão do mapeamento.

MAPA DE COBERTURA E USO DA TERRA - PARÁ 2020

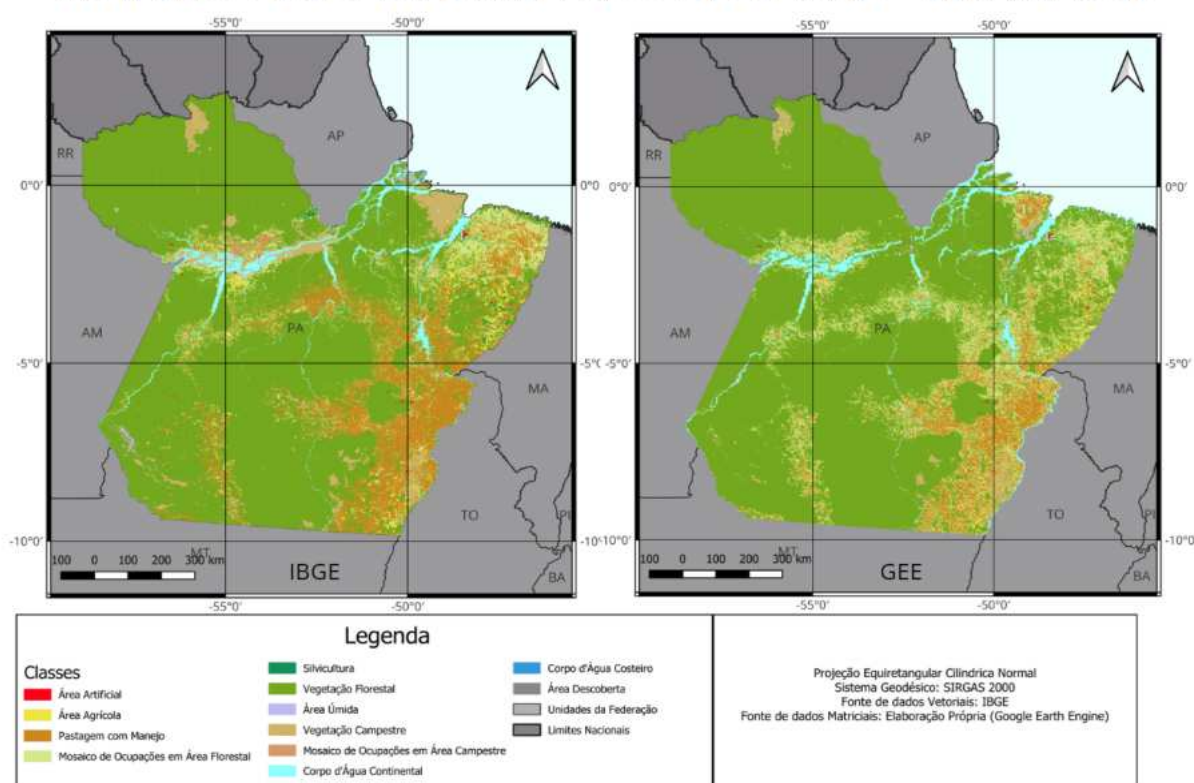


FIGURA 3 - Mapas de Cobertura e Uso - GEE e IBGE. Elaboração própria.

TABELA 1 - Matriz de confusão.

	Área Artificial	Área Agrícola	Pastagem	Silvicultura	Formação Florestal	Área Úmida	Vegetação Campestre	Corpos Hídricos	Área Descoberta	Soma
Área Artificial	767037	408700	449436	1118	435415	791	1153485	875439	32297	4091421
Área Agrícola	491441	3943376	5666545	20095	157650	37	1075097	20123	15953	11374364
Pastagem	581130	4418199	154058685	191468	6588575	126	9081196	26367	320149	174945746
Silvicultura	1075	3214	140119	6706	457990	0	19516	94	769	628714
Formação Florestal	615978	2155319	47712694	907240	1042109143	5124	15431547	3411073	257086	1112348118
Área Úmida	80893	26087	1782614	2571	3029731	969	3546965	135447	190843	8605277
Vegetação Campestre	358356	363726	19033011	67102	5807654	780	11822172	71914	1312271	37524715
Corpos Hídricos	98904	5510	145854	751	835889	3188	1496527	40308116	11880	42894739
Área Descoberta	16816	6822	653271	1011	535816	9	354925	2846	223806	1571516
Soma	3011630	11330953	229642229	1198062	1059957863	11024	43981430	44851419	2365054	1257122

Kappa: 0,72

Exatidão Total: 0,89

Elaboração própria.

Em um panorama geral, a classificação demonstrou bons resultados, apresentando um Kappa de 0,72 e uma exatidão total de 0,89. Vale ressaltar que, pelo método de classificação considerar a resposta espectral dos alvos (como os demais métodos), houve alguns alvos, que não conseguiram ser bem detectados pelo algoritmo. A classe Silvicultura foi classificada majoritariamente como Formação Florestal, pois estava muito próximo de regiões de florestas densas e apresentou resposta espectral semelhante à desse tipo de vegetação, sendo possível melhor distingui-las pela textura. Já a classe Área Úmida, apresentou muitas dificuldades para classificação, haja vista, que não foi possível definir pelas cenas do Landsat 8, disponíveis para o período de tempo determinado e para a área de estudo, quais localizações apresentavam umidade ou não, com boa precisão e exatidão, restando muita confusão com Formação Campestre. Nas classes Formação Florestal, Formação Campestre e Pastagem, houve uma boa coincidência com o mapeamento realizado pelo IBGE, além de pouca confusão do algoritmo, ao mapeá-las, apesar das nuvens. A Classe Área Agrícola apresentou algumas confusões com a classe Área Artificial, principalmente, porque a classe Área Artificial englobava áreas que continham resposta espectral semelhante a alguns cultivos. Ademais, vale ressaltar que o intervalo temporal, escolhido para análise, apresentou muitas imagens com nuvens, o que dificultou a obtenção de um resultado amplamente satisfatório, na classificação supervisionada.

Apesar dos problemas referentes às nuvens e às confusões citadas, o Kappa foi considerado satisfatório, no geral, ainda que, algumas classes, precisem ser corrigidas. Foi realizada ainda, uma avaliação visual, que se mostrou satisfatória na maior parte da área, mas insatisfatória, para as classes específicas, tais como: Mosaico de Ocupação em Área Campestre, Silvicultura e Área Úmida, chegando a 0%, 0% e 0,2% de igualdade com o Mapeamento do IBGE, respectivamente. O Mosaico em Área Florestal ainda apresenta um percentual abaixo do desejado, mas ele merece atenção especial, pois o erro alto pode ser fruto de divergência entre os dois mapeamentos, quanto às classes Vegetação Florestal e Pastagem com Manejo. Para o Mosaico em Área Campestre, é preciso encontrar uma outra solução para seu mapeamento. A Tabela 2 apresenta dados relativos à sobreposição, entre as grades, com dados do IBGE e com dados do mapeamento deste estudo, mostrando também o percentual de acerto.

TABELA 2 - Tabela comparativa do produto final da análise espacial com os dados do IBGE.

IBGE		Produto: Média caso 3 (3 - 8)	
Classes	Células IBGE	Células Mapeadas	% de acerto
Área artificial	1922	539	28,0
Área Agrícola	10496	3575	34,1
Pastagem com Manejo	162000	75816	46,8
Mosaico Área Florestal	89143	43603	48,9
Silvicultura	2022	0	0,0
Vegetação Florestal	884129	854772	96,7
Área Úmida	2765	6	0,2
Vegetação Campestre	54472	13641	25,0
Mosaico Área Campestre	3762	0	0,0
Corpos d'água	35076	32244	91,9
Área Descoberta	123	0	0,0

Elaboração própria.

Na Figura 4, é demonstrado como estavam as cenas utilizadas para a classificação.

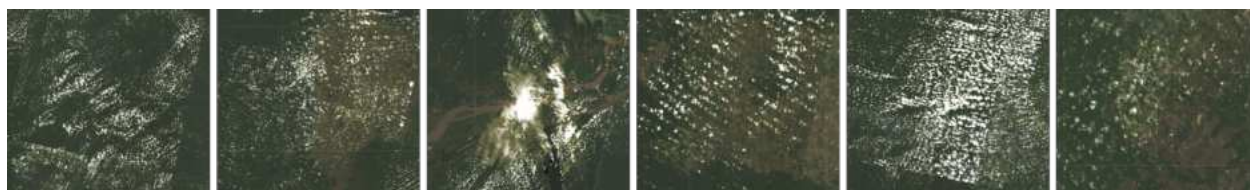


FIGURA 4 - Nuvens presentes na área de estudo. Fonte: Os autores (2024).

CONCLUSÕES

A dificuldade de replicar o processo do IBGE deve-se a diferentes fatores, entre eles, a dificuldade na aquisição de imagens com baixa cobertura de nuvens, principalmente, ao norte do estado, e pelo fato da classificação, feita pelo IBGE, ser feita com alto índice de interpretação visual e sujeita às atuações dos intérpretes, sendo a automação proposta pelo estudo, uma busca por facilitar a replicação da classificação.

A classe de Silvicultura, naquela área e com as imagens disponíveis no período escolhido, foi difícil de ser mapeada, por meio do método escolhido para classificação digital. Deve ser considerado que a silvicultura se dá em áreas menores, se comparada a outras classes, podendo ser influenciada ainda, pela menor área de mapeamento (1000 x 1000 metros).

As classes Mosaico em Área Florestal e Mosaico em Área Campestre também são difíceis de serem mapeadas pelo método de classificação digital *pixel-a-pixel*. Até o momento, o resultado do mosaico em área florestada foi gerado, a partir de uma análise espacial, que utiliza como recurso, o cálculo da média entre as classes floresta e pastagem, que são as classes que predominam no mapeamento realizado inicialmente no GEE, em relação à localização dos mosaicos em área florestada, como proposta pelo IBGE. Será necessário determinar uma nova metodologia, a fim de conseguir reduzir as incertezas na classificação final, que permita o mapeamento de maneira semiautomática das classes restantes.

A presente pesquisa encontra-se inserida dentro de um projeto de desenvolvimento de metodologias ou processos de mapeamento semi automático, de maneira que seja possível encontrar ou facilitar a produção de dados contínuos e oficiais, de estatísticas de cobertura e uso da terra, a nível nacional, por uma entidade de caráter oficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v. 45, n. 1, p. 5–32, 2001.

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021.
<https://doi.org/10.21105/joss.03172>

FARR, T.G. KOBICK, M. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. **EOS (Transactions, American Geophysical Union)**, v. 81, p. 583-585. 2000.

GISLASON, P.O.; BENEDIKTSSON, J.A.; SVEINSSON, J.R. Random Forests for land cover classification. **Pattern Recognition Letters**, v. 27, n. 4, p. 294-300, 2006.

HANSEN, M.C. LOVELAND, T.R. A Review of Large Area Monitoring of Land Cover Change using Landsat Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 122, p. 66-74. 2012.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**. Philadelphia, v. 25, p. 53-70, 1988.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html>

MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). **Measuring vegetation (NDVI & EVI)**. 2000. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>

CAPÍTULO 90

PROJETO ORLA SEM LIXO: UTILIZAÇÃO DE ORTOFOTOMOSAICOS PARA ANÁLISE TEMPORAL DA DINÂMICA DAS ÁREAS DE MANGUEZAL DA ILHA DO FUNDÃO

Guilherme Christian Chaia Lopes¹
Guilherme Fenelon da Sena Machado¹
Rita Maria Cupertino Bastos¹
Felipe Gonçalves Amaral¹
Suzana Beatriz Vinzon¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. chaiaguilherme@gmail.com; guilhermefenelondesenamachado@gmail.com; ritamcuper@gmail.com; f.g.amaral19@gmail.com; susana@peno.coppe.ufrj.br; carlamad@gmail.com.

RESUMO

O Projeto Orla Sem Lixo é um projeto interdisciplinar, reunindo diversos núcleos de pesquisa de diferentes cursos para o estudo do manguezal da Enseada do Bom Jesus, este localizado na Ilha do Fundão (RJ). Meu núcleo de pesquisa ficou responsável por estudar o manguezal da Enseada do Bom Jesus fazendo uso de técnicas de sensoriamento remoto. Desta forma, o objetivo deste trabalho é de analisar a dinâmica das áreas de manguezal na Ilha do Fundão como um todo em um período de tempo de 20 anos (1999 a 2019), buscando identificar áreas de expansão e retração com o passar do tempo. Vale lembrar que a dinâmica das áreas de manguezal são influenciadas por atividades humanas, o que também faz parte da análise. Sendo assim, utilizando dados públicos de ortofotos cedidas pelo Instituto Pereira Passos (IPP), pudemos fazer uma análise da dinâmica do manguezal da área de estudo. Durante estes 20 anos houve um crescimento das áreas de manguezal na área de estudo, podendo ser explicada por fatores não naturais de intervenção humana.

Palavras-chave: manguezal; ortofotomosaicos; ecognition; ArcMap; segmentação.

ABSTRACT

The Project Orla Sem Lixo is an interdisciplinary project, bringing together several research cores from different courses for the study of the mangrove of the Enseada do Bom Jesus, located in the Isle of Fundão (RJ). My core research was responsible for studying the mangrove of the Enseada do Bom Jesus using remote sensing techniques. Therefore, the objective of this work is to analyze the dynamics of mangrove areas in Fundão Island as a whole over a period of 20 years (1999 to 2019), seeking to identify areas of expansion and retraction over time. It is worth remembering that the dynamics of the mangrove areas are influenced by human activities, which is also part of the analysis. Therefore, using public data from orthophotos transferred by the Pereira Passos Institute (IPP), we were able to make an analysis of the dynamics of the mangroves of the study area. During these 20 years there has been an increase in mangrove areas in the study area, which can be explained by non-natural factors of human intervention.

Keywords: mangrove; orthophotomosaic; ecognition, ArcMap, segmentation.

INTRODUÇÃO

O manguezal é um sistema ecológico localizado entre terra e mar (Correia; Sovierzosky, 2005), sendo fundamental na dinâmica marítimo-terrestre e na regulação da vida destes ambientes. O sistema de manguezal é responsável, por exemplo, pela proteção da linha de costa, servindo como barreira, frente ao processo de erosão marítima e pela força dos ventos (Segueri *apud* Femar, 2018, p. 25), além de abrigar uma elevada quantidade de espécies, apresentando grande biodiversidade.

Este sistema tem sido impactado com a deposição de lixo e a influência de atividades humanas, sendo importante, o estudo acerca das consequências destas atividades em áreas de manguezal. A chegada de lixo sólido e sua acumulação são problemáticas amplificadas, quando nos referimos ao sistema de manguezal, no momento em que sabemos da natureza desse sistema, em aprisionar sedimentos (Belarmino, 2012), dificultando a saída de sedimentos do manguezal e criando obstáculos para os esforços de limpeza do manguezal.

Essa relação desarmoniosa entre homem e manguezal (Segueri, 2018) pode ser facilmente observada na Ilha do Fundão, localizada dentro do estuário da Baía de Guanabara (Costa, 2015), no Rio de Janeiro. A relação entre chegada de lixo e a área que constitui atualmente a Ilha do Fundão é antiga. Dos anos de 1865 a 1949, houve despejo direto de lixo na Ilha de Sapucaia (Marafon, 2015), uma das ilhas que originaram a Ilha do Fundão. Nos dias atuais, não há despejo de lixo diretamente na Ilha do Fundão, porém, grande quantidade de lixo sólido ainda é despejado na Baía de Guanabara, chegando indiretamente à Ilha do Fundão e sendo aprisionada nas áreas de manguezal desta área, fator que modifica diretamente a vida neste sistema.

Esta pesquisa está atrelada ao projeto Orla Sem Lixo, que busca estudar as áreas de manguezal, suas dinâmicas, a vida presente nela e os diversos fatores, que o impactam, além da espacialização de todos estes fatores na Ilha do Fundão. Concomitante a isso, temos o sensoriamento remoto e suas técnicas, cada vez mais, usadas para estudos ambientais. Seu uso é muito importante nos dias atuais, principalmente, no monitoramento de eventos e fenômenos naturais e na percepção da evolução espaço-temporal do mangue (Magalhães *et al.*, 2023).

Estudar a dinâmica das áreas de manguezal na Ilha do Fundão é imprescindível, a fim de conhecer, de modo geral, como ela se comportou, conforme o tempo se passou, podendo estabelecer análises sobre os agentes causadores da disposição desse sistema ecológico no espaço da área de estudo, conforme o passar do tempo. O uso de ortofotomosaicos auxilia nesta análise, no momento em que os mesmos proporcionam uma vista de cima, privilegiada, com uma resolução espacial alta.

Com isso, o objetivo deste trabalho é analisar a evolução da dinâmica espaço-temporal das áreas de mangue, na Ilha do Fundão (RJ), entre 1999 e 2019. Além disso, mapear as áreas de mangue e comparar essas áreas, nos diferentes anos, a fim de entender como se deu essa evolução, durante os 20 anos analisados

METODOLOGIA

O trabalho pode ser separado em três partes (Figura 1): aquisição, pré-processamento dos dados, segmentação e classificação multitemporal dos fragmentos de mangue e, finalizando, a quantificação da dinâmica do manguezal, em termos de área total e área por área total da Ilha do Fundão.

Neste trabalho, a análise da disposição espacial do mangue e a sua transformação com o tempo foi realizada, com auxílio de ortofotomosaicos, que foram disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos (IPP), órgão responsável por gerir um banco de dados do município do Rio de Janeiro. Os mosaicos de imagens de 1999, 2009 e 2019 foram utilizados, pois foi necessário realizar a edição manual, mantendo o período de tempo de 20 anos. Todas as ortofotos apresentavam as bandas do Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B), mas apresentavam resoluções espaciais diferentes. A de 1999, apresentava resolução espacial de 85 cm X 85 cm, a de 2009, 25 cm X 25 cm; e a de 2019, 15 cm X 15 cm. O fato de serem produtos gratuitos e de maior resolução geométrica foram fatores importantes, principalmente, o segundo fator, tendo em vista, o nível de escala necessário para a análise da área de estudo.

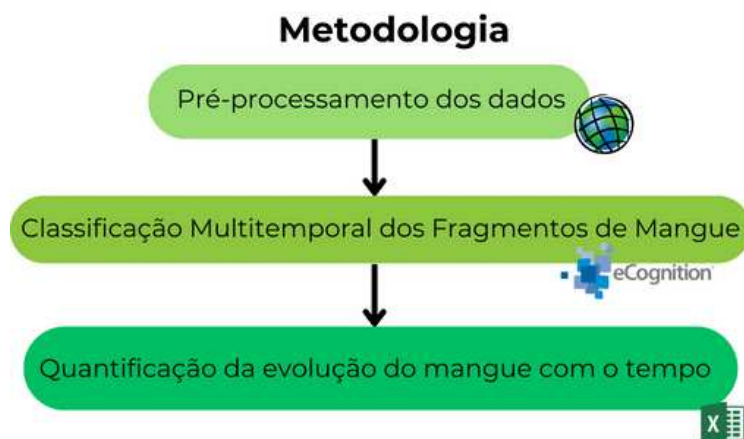


FIGURA 1 - Fluxograma da metodologia. Elaboração própria.

Um banco de dados no ArcGIS foi estruturado e todas as ortofotos foram projetadas e analisadas geometricamente, de modo a garantir uma maior integração entre as datas. Vale ressaltar que todas foram adquiridas sem projeção explícita no metadado e, sendo assim, houve a necessidade de projetá-las e, posteriormente, mosaicar todas as ortofotos em ortofotomosaicos, para os seus respectivos anos. A análise geométrica foi feita utilizando o ortofotomosaico de 2019, que era o produto de maior qualidade. Foram plotados 40 pontos de controle, em feições específicas, na data referência (2019); e 40 pontos, nas mesmas feições, em cada data da comparação. Assim, foi possível comparar a geometria das feições nas diferentes datas, chegando ao desvio padrão e CE90 das diferenças entre a data referência e a data a ser comparada. De forma geral, a geometria das datas foi satisfatória, diante das utilidades dos ortofotomosaicos.

Em seguida, com o *software* eCognition Developer, foi realizada a segmentação e a classificação por hierarquia das diferentes classes, utilizando o método *Geographic Object Based Image Analysis* (GEOBIA), este, sendo a “análise baseada a objetos geográficos, ou seja a aglomerados de *pixels*, mas, levando em consideração, o contexto espacial e as características de textura, além de informações espectrais” (Antunes, 2014). Os níveis de segmentação por fator escala foram diferentes para cada ortofotomosaico, devido à diferença de resolução espacial, o detalhamento dos produtos, além das diferenças radiométricas e espectrais. As classes foram separadas por binariedade (Figura 2), simplificando o processo de classificação, pois modelou-se uma e considerou-se a outra, como o contrário. Sendo assim, foram separadas as classes “Água” e “Não Água”, sendo essas as classes primárias. Dentro da classe “Não Água”, teve uma subdivisão em duas subclasses, sendo essas “Verde” e “Não Verde”. Finalizando esta parte, a subclasse “Verde” foi separada em mais duas subclasses: “Manguezal” e “Não manguezal”, ou seja, criou-se um esquema de hierarquia das classes. Os limiares e descritores escolhidos para a classificação foram: Banda do Vermelho (R), do Verde (G), do Azul (B), máxima diferença, brilho e um índice normalizado $(G-R/G+R)$.

Excetuando-se a imagem de 2019, para a qual, o modelo foi fortemente representativo, houve dificuldade em separar o manguezal de outros tipos de vegetação e, por isso, foi feita a edição manual da diferenciação da classe de manguezal de áreas verdes. Foi realizada a separação do manguezal de outros tipos de vegetação, chegando no objetivo da identificação do mangue na Ilha do Fundão. Posteriormente, foi preparado um cartograma com a classificação e a disposição do mangue na área de estudo. Além disso, foram feitos gráficos, para representar quantitativamente o manguezal e a sua ocupação no espaço, conforme o tempo.

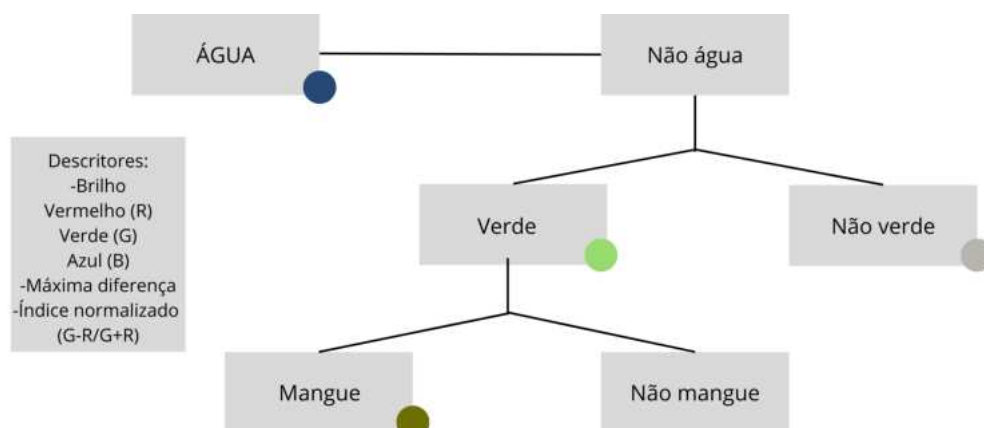


FIGURA 2 - Classificação por binariedade e descritores utilizados. Elaboração própria.

RESULTADOS

Com os cartogramas, é possível fazer uma análise primária visual da evolução do mangue na Ilha do Fundão. É possível observar que, de forma geral, o manguezal aumentou, o que também pode ser observado no gráfico (Figura 4). Analisando áreas mais específicas, como o mangue da Enseada do Bom Jesus e da Vila Residencial, ambas se comportam de formas diferentes, no que tange à sua dinâmica de mudança. De 1999 a 2009, o manguezal da Enseada do Bom Jesus foi acrescido, enquanto o da Vila Residencial foi fragmentado. De 2009 para 2019, tanto o manguezal da Vila Residencial, como da Enseada do Bom Jesus foram acrescidos, com destaque para o crescimento do manguezal da Vila Residencial. De forma geral, todas as áreas de manguezal na Ilha do Fundão aumentaram ligeiramente as suas áreas (Figura 3).

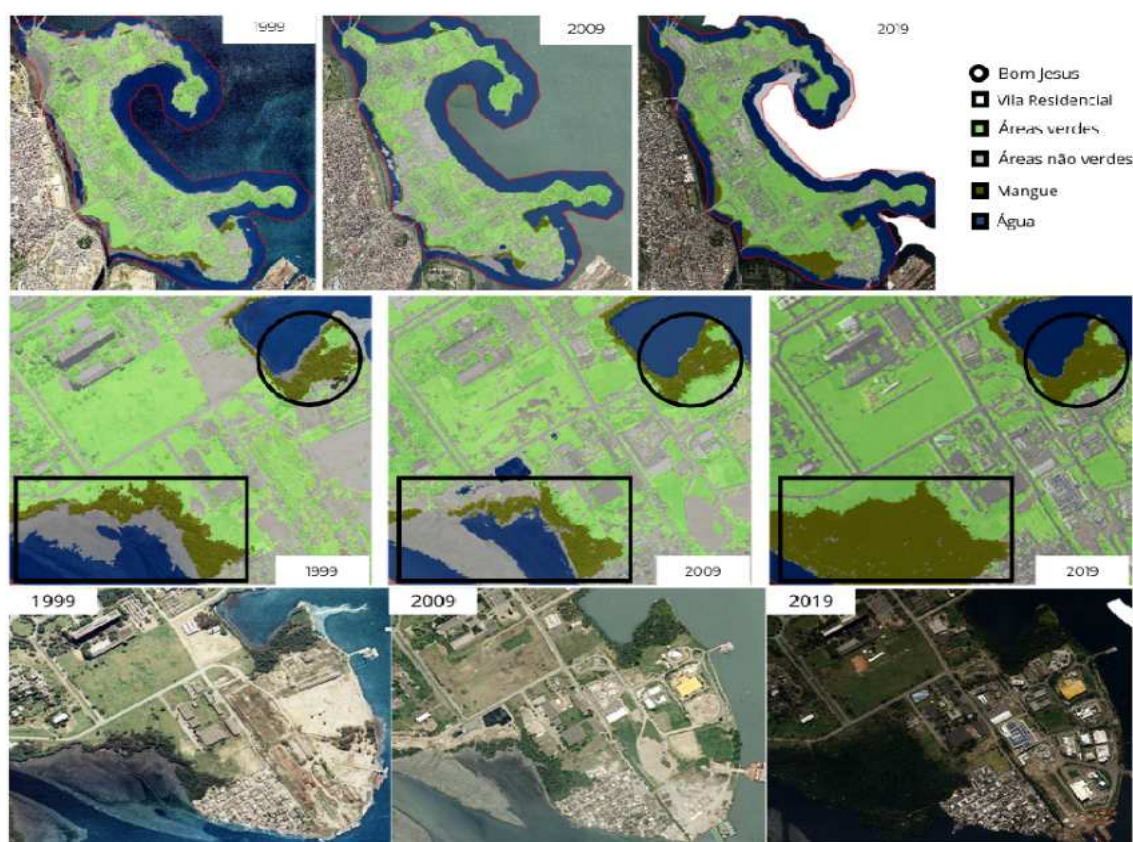


FIGURA 3 - A) Cartograma com a classificação e disposição do mangue pela área de estudo; B) Cartograma com ênfase nos manguezais da Enseada do Bom Jesus e Vila Residencial; C) Ortofotomosaicos, em RGB. Elaboração própria, a partir dos arquivos obtidos do Instituto Pereira Passos (IPP) para a área de estudo.

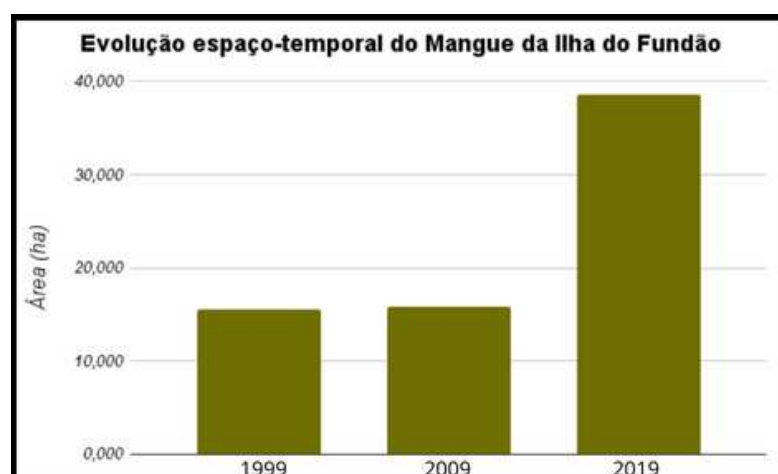


FIGURA 4 - Gráfico de evolução espaço-temporal do Manguê na Ilha do Fundão. Elaboração própria.

Vale destacar que este crescimento gigantesco do manguezal da Vila Residencial não é um processo natural. O crescimento desta área, se deu por consequência de intervenções humanas. Parte da área deste manguezal é "fruto de aterramento para fins de replantio" (Magalhães *et al.*, 2023). Isso explica o porquê de vermos uma diferença, no que tange ao crescimento do manguezal da Vila Residencial e de outras áreas de mangue, na Ilha do Fundão, como o próprio manguezal da Enseada do Bom Jesus. De qualquer forma, vemos, nos 10 primeiros anos, um crescimento pequeno da área de mangue, enquanto nos 10 últimos anos um crescimento gigantesco, dobrando a área de manguezal, muito puxada pelo processo de aterramento já citado.

Estes dados e a contextualização dos mesmos são importantes, pois, assim, pode-se compreender brevemente a relação entre as políticas públicas e a manutenção dos sistemas ecológicos e ecossistemas. Vemos assim uma diferença entre as áreas de mangue, que crescem naturalmente, e as áreas que receberam a influência da atividade humana, sendo neste caso as obras para replantio.

Vemos também o aumento significativo da área de mangue, em face do polígono representativo da Ilha do Fundão (Figura 5). O processo de aterramento foi um grande agente, no crescimento vertiginoso da área de mangue. Nota-se assim o sistema ecológico do manguezal, como pequena parte da área total da Ilha do Fundão.

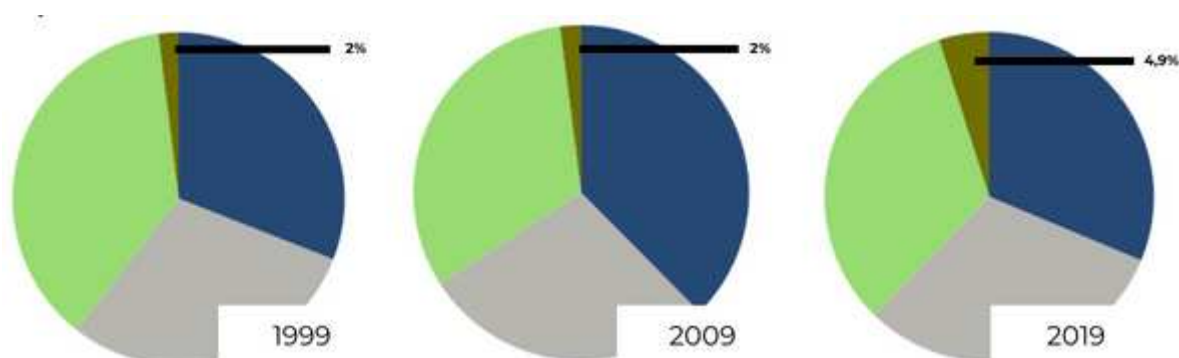


FIGURA 5 - Gráficos da área do manguezal (%) por área total de polígono criado para Ilha do Fundão. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A dinâmica e a evolução espaço-temporal do mangue é regulada por uma infinidade de fatores, sejam eles, humanos ou naturais. Pudemos ver quantitativamente a diferença, que uma política pública fez na disposição espacial do manguezal na Ilha do Fundão. Diante deste fato, também temos problemáticas, que, há muito tempo, atuam na área e afetam diretamente o sistema de manguezal. O lixo sólido flutuante afeta diretamente o sistema de manguezal, que, por sua vez, recebe esse lixo e o aprisiona, devido à sua natureza, facilitar esse processo (Belarmino, 2012). Percebe-se assim, a complexidade da dinâmica do sistema de manguezal e a quantidade de fatores que o regulam.

As informações obtidas com o trabalho se mostraram concordantes com a realidade, se comparada com uma imagem de satélite. Com a utilização do programa, foi possível classificar e quantificar corretamente as áreas de mangue, neste período de 20 anos, o que possibilitou uma análise dos números e da diferença visual nos cartogramas apresentados.

Criando máscaras das datas e produzindo novos gráficos, poderemos ver as áreas de expansão e retração das áreas de manguezal. Faz-se necessário também, ampliar o número de classes, a fim de diferenciar classes não verdes e não naturais (prédios, asfalto), das áreas não verdes e naturais (praia), pois, afinal, as praias também são sistemas afetados diretamente pela dinâmica do lixo e também por processos naturais, que podem ser observados nos ortofotomosaicos.

Utilizando as outras datas dos ortofotomosaicos também poderemos ver as mudanças, em períodos mais curtos de tempo. Isso vai permitir vermos as mudanças proporcionadas pelo replantio, mais detalhadamente, vendo como elas se deram nesses períodos mais curtos de tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, D. *et al.* Abordagens em GEOBIA e aplicação da técnica em imagem Rapideye de uma área da bacia do rio Pitangui-PR. **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, v. 5, p. 631-640, 2014.
- BERLAMINO, P.H.P. *et al.* Resíduos sólidos em áreas de manguezal no rio Potengi (Natal-RN): relação com a localização e uso das áreas. **Congresso Brasileiro de Oceanografia**, Rio de Janeiro, 13-16 nov. 2012. p.13-16.
- CORREIA, M.D.; SOVIERZOSKI, H.H. **Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. Maceió: Edufal, 2005.
- COSTA, M.A.M. Da lama ao caos: um estuário chamado Baía de Guanabara. **Cadernos Metrópole**, v. 17, p. 15-39, 2015.
- MAGALHÃES, D.M. *et al.* Manguebit: uma análise espectral e estrutural do mangue da Vila Residencial na Ilha do Fundão. **Revista Tamoios**, v. 19, n. 2, p. 45-60, 2023.
- MARAFON, G.J.; QUEIROZ, H.A. de. Os caminhos do lixo na cidade do Rio de Janeiro. **Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, n. 8, p. 37-54, 2015.
- SEGUERI, K.M.B. *et al.* **Estudo multi-temporal dos impactos ambientais no manguezal da Barra de Guaratiba no estado do Rio de Janeiro-Brasil: efeitos do desenvolvimento urbano e às mudanças climáticas (período 1976-2015)**. 2018. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) — Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

CAPÍTULO 91

SEGMENTAÇÃO SEMÂNTICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE FEIÇÕES MORFOLÓGICAS EM FAVELAS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO NO COMPLEXO DA MARÉ (RJ)

Guilherme Fenelon de Sena Machado¹

Wallace Araujo Ayres¹

Rita Maria Cupertino Bastos¹

Carla Bernadete Madureira Cruz¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. guilherme.fenelon@hotmail.com; wallaceayres.espaco.lab@gmail.com; ritamcuper@gmail.com; carlamad@gmail.com.

RESUMO

As favelas se destacam como uma das representações espaciais que remetem à pobreza urbana. Até 2050, estima-se que mais de 3 bilhões de pessoas estejam residindo nessas áreas (ONU-HABITAT, 2015). Este estudo visa testar ferramentas de segmentação semântica para extrair características morfológicas de um recorte no Complexo da Maré, utilizando algoritmos de Inteligência Artificial, gratuitos e de baixo custo computacional, como o GeolA e o GeoSam. O estudo buscou extrair contornos de telhados e caixas d'água em imagens de alta resolução espacial. O GeoSam demonstrou resultados superiores para ambas feições, identificando com maior precisão, apesar de generalizações excessivas. O GeolA mostrou dificuldades em áreas de construções densas, produzindo contornos grosseiros e imprecisos. Ambos os métodos careçam de ajustes, entendimentos e refinamentos. Esses achados demonstram as possibilidades de algoritmos gratuitos e expressam, em caráter exploratório, a acessibilidade à técnicas avançadas de segmentação semântica de imagens.

Palavras-chave: segmentação semântica; *Deep Learning*; sensoriamento remoto; favelas.

ABSTRACT

The slums stand out as the visible representation of urban poverty. By 2050, it is estimated that over 3 billion people will reside in these areas (UN-HABITAT, 2015). This study aims to test semantic segmentation tools to extract morphological features from a section of the Maré Complex, using free and low computational cost artificial intelligence algorithms, such as GeolA and GeoSAM. The study sought to extract contours of rooftops and water tanks from high spatial resolution images. GeoSAM demonstrated superior results for both features, identifying them with greater precision despite some excessive generalizations. GeolA showed difficulties in densely built areas, producing coarse and imprecise contours. Both methods require adjustments, understanding, and refinements. These findings demonstrate the potential of free algorithms and, on an exploratory basis, highlight the accessibility of advanced image segmentation techniques.

Keywords: semantic segmentation; *Deep Learning*; remote sensing; slums.

INTRODUÇÃO

Em 2007, a Organização das Nações Unidas (ONU) desenvolveu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo um dos principais dos desafios, o combate à pobreza. Em áreas urbanas, diferentes reflexões podem ser consideradas, como a desigualdade socioespacial. Nesse sentido, as favelas destacam-se como a mais entendível personificação da pobreza (ONU-HABITAT, 2016). Resultado da falta de sinergia entre a migração para os centros urbanos e o desenvolvimento das cidades, a fim de comportar esse acréscimo populacional, muitas pessoas se instalam nessas

regiões periféricas e/ou marginalizadas. Segundo o relatório *The Millennium Development Goals Report*, de 2015, da ONU, até 2050, cerca de 92.4% da população mundial residirá em áreas urbanas, sendo cerca de 3 bilhões de pessoas, em áreas de favelas. Nesse sentido, emerge a urgência de ações e inovações metodológicas de compreensão e gestão dessas áreas, que visem adaptar o desenvolvimento socioeconômico das cidades (World Bank, 2013). No Rio de Janeiro, cerca de 22,8% da população reside em favelas (IBGE, 2010) e, conforme apontado por Bastos (2022), apesar do município do Rio de Janeiro apresentar um total de 1.071 favelas (IBGE, 2010 *apud* Bastos, 2022), nenhuma constava nos logradouros oficiais. Há, ainda, uma questão histórica de invisibilização das favelas em mapeamentos, pelos órgãos oficiais e de planejamento (Sturm, 2013; Ferraz, 2016; O GLOBO, 2017).

A expressão morfológica das favelas não segue um padrão universal. Alguns tipos de pobreza urbana estão ligados à configuração do ambiente construído (Wurm *et al.*, 2019). Em geral, áreas de favelas são caracterizadas por arranjos orgânicos e irregulares de edifícios, baixa altura das construções, materiais de construção de baixa qualidade, alta densidade de construção e áreas vulneráveis a riscos (Wurm *et al.*, 2019). No Rio de Janeiro, algumas características associativas são: o tipo do material de construção, a construção ilegal, a carência de serviços básicos, a infraestrutura, a construção desorganizada e densa. Contudo, o contexto cultural e o conhecimento tradicional devem ser levados em consideração. De acordo com Cunha *et al.* (2021), locais com baixo nível socioeconômico apresentam mais caixas d'água expostas, do que em regiões com maior nível socioeconômico. Assim, é possível estimar a vulnerabilidade social, por meio do estudo da quantidade de caixas d'água (Lesser *et al.*, 2016), bem como, estimar a densidade populacional. Além disso, as caixas d'água constituem um atributo urbano marcante das favelas, sendo possível detectar, a partir de imagens digitais, o que incentiva a praticidade dessa abordagem para diversas aplicações.

Para entender e gerir melhor essas áreas, é crucial obter informações espaciais confiáveis. A aquisição de dados precisos sobre a distribuição, dimensão e localização das favelas permite um mapeamento mais detalhado e representativo. O sensoriamento remoto pode desempenhar um papel fundamental na análise da "dinâmica espaço-tempo" (Patino & Duque, 2013). A diferenciação espacial é o primeiro conceito associado à espacialidade (Corrêa, 2007) e essa diferença em ambientes urbanos está entre as feições de cunho natural e antrópico. Entretanto, a diferenciação seria entre subtemas de feições urbanas: favela e não favela. Felizmente, desde o início do século, imagens de sensoriamento remoto de altíssima resolução foram, cada vez mais, disseminadas, permitindo maior detalhamento, em escalas cada vez menores. Em paralelo, técnicas avançadas de mapeamento e classificação de imagens surgiram, como a análise orientada a objetos e a implementação de Inteligência Artificial (IA) com algoritmos de *Machine Learning* (ou aprendizado de máquina) e *Deep Learning* (ou aprendizagem profunda). Tais avanços contribuíram para a identificação da heterogeneidade intra urbana (Kuffer *et al.*, 2016a; Mahabir *et al.*, 2018). No que diz respeito ao sensoriamento remoto em estudos urbanos, esses novos métodos proporcionam uma modelagem do conhecimento complexa na identificação de padrões, ao admitir uma variedade de dados de *input* e, além disso, pouco dependerem de intervenções humanas (Cano; Júnior, 2021). Ainda no campo da classificação de imagens, a segmentação semântica aparece como uma técnica poderosa para a compreensão de imagens, em diferentes níveis de abstração (Costa, 2022).

O contexto humano e real, acerca da sociedade, ainda é um dos desafios para se integrar com a Inteligência Artificial (IA). No mais, quanto mais dados e informações sobre um objetivo estiverem disponíveis, mais chances do classificador retornar corretamente o que se espera. Uma rede neural ou algoritmo capaz de levar em conta todas as nuances e contexto para, no fim, integrar esses dados, ainda representa um desafio. Ou seja, mesmo que as novas técnicas sejam mais precisas e otimizadas, ainda são caras e complexas, exigindo recursos computacionais robustos e conhecimentos especializados, tornando-se de difícil acesso. Urge a necessidade de soluções viáveis, que simplifiquem a implementação e reduzam custos, de tal forma que mais pessoas possam usufruir dos benefícios dessas inovações.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é testar e avaliar, em caráter exploratório, como ferramentas de segmentação semântica mais acessíveis respondem à identificação de feições morfológicas das favelas do Complexo da Maré. Especificamente, pretende-se explorar características intra-urbanas dessas áreas, utilizando algoritmos de inteligência artificial, gratuitos e de baixo poder computacional, a fim de identificar e delimitar telhados e caixas d'água. Este estudo visa ainda, entender o funcionamento e a eficácia desses algoritmos na detecção e no mapeamento de feições urbanas, contribuindo para o desenvolvimento de metodologias práticas e eficientes na análise socioespacial, em áreas de favelas. Sendo assim, busca contribuir de forma teórica-metodológica para a identificação e o mapeamento das favelas.

METODOLOGIA

A primeira etapa consistiu em um levantamento sobre as principais metodologias, gratuitas e de baixo custo computacional, aplicadas ao espaço urbano. Dois algoritmos foram escolhidos para os testes: GeoIA QGIS e GeoSAM, sendo utilizados, respectivamente, as plataformas QGIS e Google Colab. O GeoIA é uma abordagem que combina IA com dados geoespaciais para análise. O modelo GeoSAM exemplifica isso, ao segmentar imagens, gerando máscaras de objetos reconhecíveis. Treinado em um grande conjunto de dados, o SAM opera com vários tipos de entradas e tem desempenho robusto em diversas tarefas. Desenvolvido pela META, foi treinado com um conjunto de dados maciços, composto por 11 milhões de imagens e 1,1 bilhão de máscaras de segmentação de alta qualidade (META), garantindo um desempenho robusto em diversas tarefas de segmentação geoespacial. O *plugin* foi desenvolvido, a partir desse algoritmo e adaptado para segmentação de imagens de sensoriamento remoto. Já o GeoSAM *Colab*, utiliza o algoritmo SAM para a segmentação, a diferença está na plataforma *Colab*, um ambiente virtual na nuvem, onde é possível executar códigos de programação, sem depender da capacidade computacional do usuário, uma vez que é tudo realizado via Internet.

Para a aplicação dos algoritmos, a escolha da área teste se baseou na diversidade de morfologias urbanas e feições características de áreas de favela, aqui analisadas. Sendo assim, o Complexo da Maré foi escolhido, tendo em vista, que detém visualmente as feições a serem destacadas. Contudo, ao longo da elaboração do trabalho, foi necessária a redução para uma região, a fim de tornar o processamento mais dinâmico e simplificar a análise. Com isso, a Vila do João foi escolhida (Figura 1), tendo em vista, a diversidade de morfologias de telhados (maiores, menores, regulares, irregulares, distantes e próximos uns dos outros) e pela presença de caixas d'água.

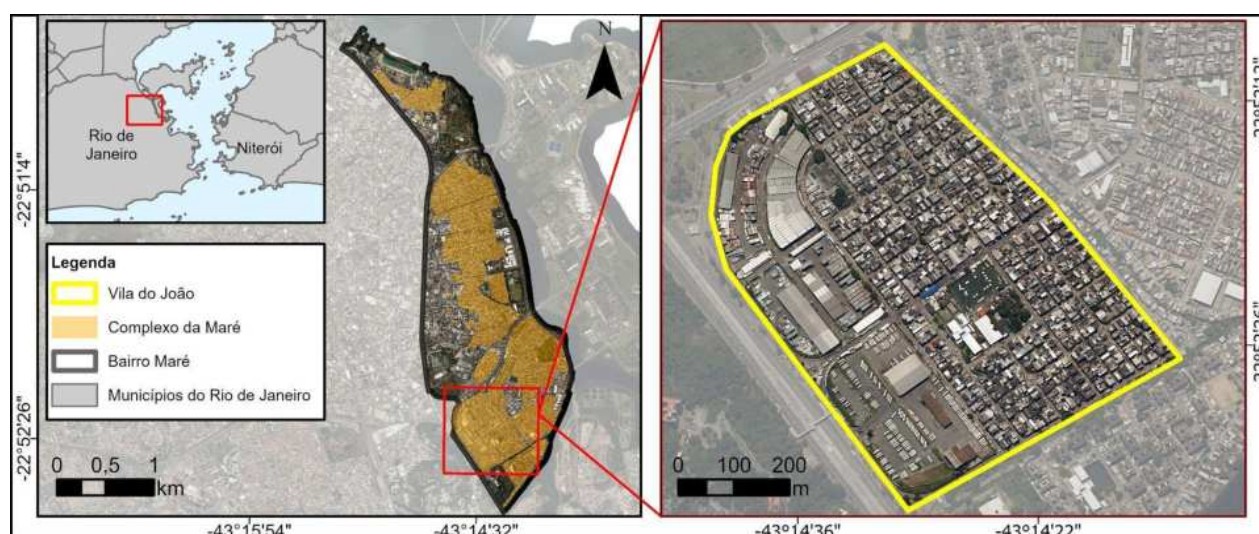


FIGURA 1 - Mapa de localização da área de estudo. Elaboração própria.

As duas maneiras serviram para contornar os problemas mencionados anteriormente: I) complexidade de treinamento e linguagem de programação, para a criação de um algoritmo de *Deep Learning*; II) poder computacional para o treinamento; III) os custos associados à operação de treinamento e arquitetura. O algoritmo SAM, adaptado nas plataformas mais populares, possibilitou o seu uso, sem a necessidade de criar ou programar uma rede neural. A segmentação semântica, não apenas foi a primeira a ser adotada, como, ainda hoje, consiste na segmentação mais replicada (Bastos *et al.*, 2023). Isso pode ser explicado pela sua menor complexidade geral, perante os demais tipos de segmentações, uma vez que, na segmentação semântica, os alvos são apenas detectados e delimitados, mas não de forma individual, ao objeto. Amostras dos objetos de interesse são fornecidas, de modo que o algoritmo identifica padrões, como cor, textura, localização, tamanho e intensidade.

Uma imagem de altíssima resolução espacial foi usada no GeoIA, consistindo em um ortofotomosaico com 15 cm, de resolução espacial (Figura 2a); 4 bandas espectrais (RGB e NIR) e 16 bits de radiometria, fornecida pelo Instituto Pereira Passos (IPP). A mesma imagem não pôde ser utilizada no GeoSAM, tendo em vista, que o código não permite imagens com mais de 8 bits. Um processo de *resample* da imagem foi realizado, a fim de reduzir os bits, contudo, o resultado foi insatisfatório, tendo em vista, a perda da coloração azul, diferenciadora das caixas d'água, e a maior dificuldade na identificação das mesmas. Para o GeoSAM, há a possibilidade de usar imagens do OpenStreetMap, a fim de realizar a segmentação. A conferência da resolução espacial detectou 25 cm (Figura 2B), sendo necessário, apenas definir o retângulo de interesse. É importante salientar que as duas opções utilizam o mesmo algoritmo de *Deep Learning* para segmentação, mas operam de formas distintas, no que tange à forma de receber os dados e executar o algoritmo.

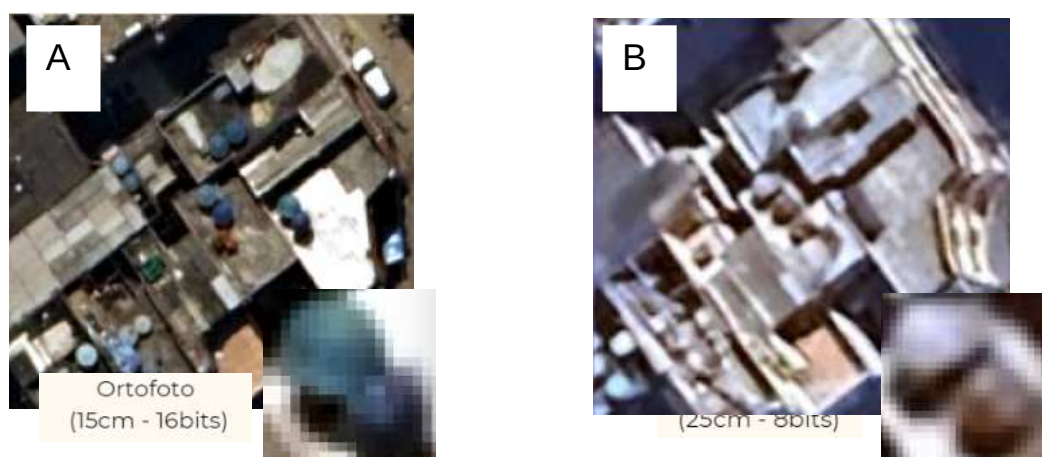


FIGURA 2 - Diferenças entre as resoluções espaciais e radiométricas entre as imagens do OpenStreetMap e o ortofotomosaico. Elaboração própria.

No GeoIA, foi possível determinar as bandas a serem utilizadas e, na etapa de treinamento, determinar as classes e pegar amostras. Para o GeoSAM, não foi possível determinar bandas e determinar classes, sendo as amostras, retângulos envoltivos do objeto a ser classificado.

RESULTADOS

O GeoSAM foi executado de forma fluida e intuitiva. Os resultados exportados, em formato *raster*, mostraram a segmentação das feições, em duas classes: em vermelho, todo o 'pano de fundo' da imagem e, em amarelo, os segmentos/contornos dos objetos (Figura 3A). No entanto, muitos objetos que não eram do interesse da pesquisa, como copas de árvores, sombras e veículos, também foram segmentados (Figura 3B). Ao analisar áreas de alta densidade de moradias, os contornos eram bem definidos, especialmente, na diferenciação de objetos de cores diferentes. Mesmo com formatos

semelhantes, o algoritmo conseguiu separar os contornos. No entanto, a segmentação foi excessiva, demarcando sombras e o chão, e deixou de criar segmentos visíveis, numa análise humana (Fig. 3C).

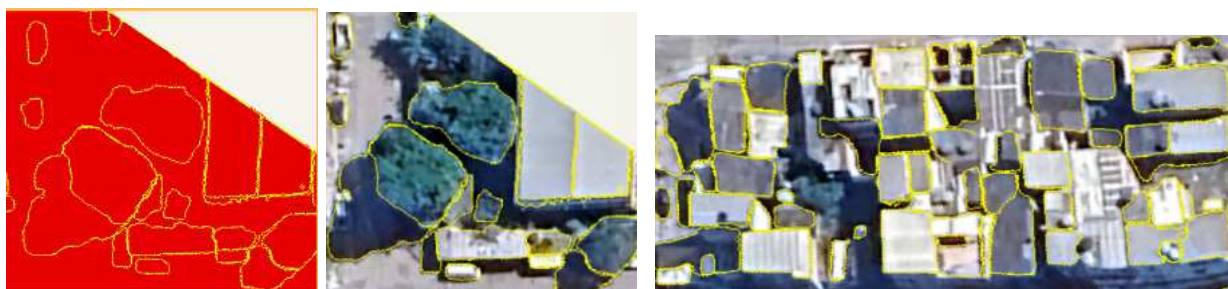


FIGURA 3 - Recortes dos resultados obtidos com a utilização do GEO SAM na delimitação de telhados. A (esq.). B (centro). C (dir.). Elaboração própria.

Por outro lado, o GeolA retorna um arquivo, em formato *shapefile*. A generalização foi excessiva e limitada ao número de objetos selecionados. Embora tenha um foco maior no objeto selecionado, os contornos não são bem definidos e não representam a heterogeneidade, em áreas de densas construções. A Figura 4 demonstra a marcação de dois conjuntos de pontos para treinamento: em vermelho, as feições selecionadas estão mais próximas umas das outras, o que resulta em uma grande mancha de contorno; em roxo, as amostras estão mais separadas e os resultados ficam mais concisos, porém, sem expressivas mudanças.



FIGURA 4 - A) distribuição dos pontos de amostras (esq.); B) resultado da distribuição de pontos em telhados mais distantes (centro); e C) resultado da distribuição de pontos em telhados mais próximos (dir.). Elaboração própria.

Com o intuito de compreender os erros gerados na delimitação dos telhados da favela, novos testes foram realizados em telhados na área de estudo. Entretanto, buscou-se telhados com características diferentes: bem delimitados, maiores, com formato regular e distantes uns dos outros (Figura 5). Pode-se observar uma melhora na delimitação das feições, em comparação com a aplicação anterior.



FIGURA 5 - Resultado da delimitação de telhados maiores, regulares e espaçados com o uso do algoritmo GeolA. Elaboração própria.

Em relação às caixas d'água, o GeoSAM (Figura 6A) representou em amarelo a delimitação das caixas d'água com base na identificação anterior, realizada pelo usuário, sendo condizente com as amostras direcionadas (quadrado azul) e assim, apresentando resultado satisfatório. Contudo, vale ressaltar que as caixas d'água, muito próximas umas das outras, foram consideradas como um único objeto, o que pode ser um problema em estudos cujo objetivo, seja a contabilidade de objetos. O GeoIA, entretanto, apresentou confusão em seus resultados (Figura 6B), uma vez que as amostras de caixa d'água, direcionadas para o algoritmo, retornaram manchas irregulares, transpassando os limites dos objetos de interesse e se misturando com feições do entorno (telhados). Sendo assim, o GeoSAM apresentou resultados mais satisfatórios do que o GeoIA, na delimitação das caixas d'água.

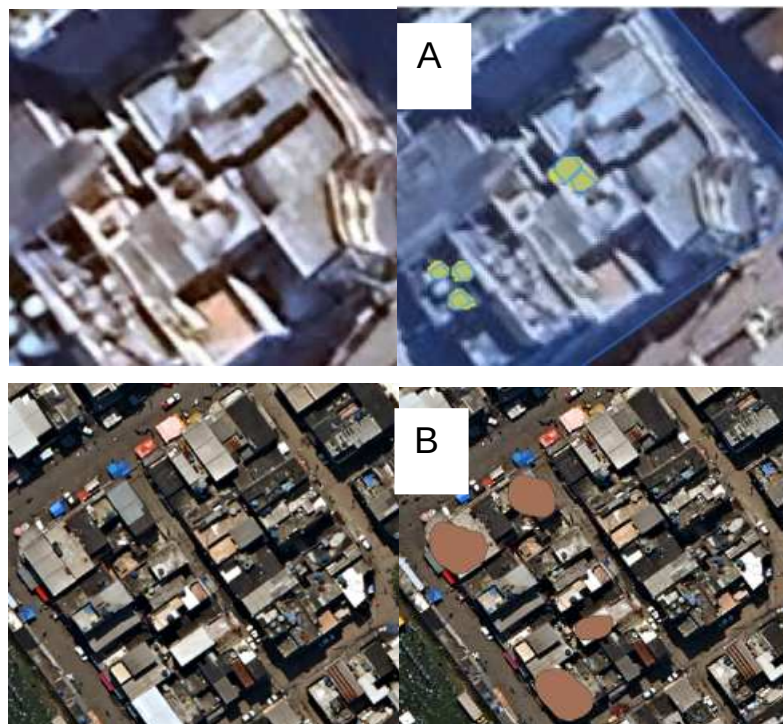


FIGURA 6 - Identificação de caixas d'água em áreas de favelas utilizando o algoritmo:

A) GeoSAM; B) GeoIA. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

O algoritmo GeoSAM apresentou resultados superiores na segmentação de telhados e caixas d'água, em comparação com o GeoIA, o qual, encontrou dificuldades em distinguir telhados com reflectância semelhante aos objetos circundantes, resultando em contornos grosseiros e generalistas, em zonas de alta densidade. Por outro lado, o GeoSAM exibiu generalizações na demarcação dos limites dos telhados, indicando uma abordagem precisa nos contornos, todavia, se estendendo além das feições requeridas.

A profundidade de bits na radiometria teve um impacto significativo nos resultados, ressaltando a importância de representação detalhada das variações de intensidade de luz na imagem para uma segmentação precisa. Para superar desafios adicionais, como a complexidade das estruturas urbanas e a presença de objetos interferentes, serão necessários ajustes nos parâmetros dos algoritmos e a exploração de técnicas adicionais. Uma possível alteração no código do Colab aproveitaria, ao máximo, a resolução radiométrica da ortofotomosaico, tendo em vista, que uma maior quantidade de tons cinzas pode ajudar a definir melhor os contornos.

Ainda que ambas as plataformas houvessem tido resultados bons e precisos de segmentação, um pós tratamentos nos contornos seria necessário, refinando e buscando tratar as segmentações para ter uma classificação mais apropriada.

Em geral, o GeoSAM apresentou resultados e problemáticas mais comuns e, aparentemente, simples de contornar para se obter os resultados desejados. O GeoIA se mostrou menos acessível nessas percepções. Mesmo ambos possuindo um algoritmo avançado de segmentação de imagens, seu uso não é trivial, carecendo de melhorias. Esses resultados fornecem *insights* valiosos para futuras melhorias na análise de imagens urbanas, utilizando *Deep Learning*, por metodologias acessíveis, destacando a necessidade de contínuo desenvolvimento e refinamento dos algoritmos, a fim de lidar com a complexidade dos ambientes urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, R.M.C., **O Sol só vem depois:** um olhar sobre as condições socioambientais e padrões espaciais das favelas da zona norte da cidade do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.
- CANO, P.L.G., MARCATO JÚNIOR, J. Aplicação de aprendizado de máquina com dados de sensoriamento remoto para o mapeamento de florestas urbanas. **Revista Geociências-UNG-Ser**, v. 20, n. 2, p. 16-27, 2021.
- CORRÊA, R.L. Diferenciação sócio-espacial, escala e práticas espaciais. **Revista Cidades**, v. 4, n. 6, 2007.
- COSTA, L.B. *et al.* Deep semantic segmentation for detecting eucalyptus planted forests in the Brazilian territory using sentinel-2 imagery. **Geocarto International**, v. 37, n. 22, p. 6538–6550, 2022.
- CUNHA, H.S. *et al.* Water tank and swimming pool detection based on remote sensing and deep learning: Relationship with socioeconomic level and applications in dengue control. **Plos one**, v. 16, n. 12, p. e0258681, 2021.
- FERRAZ, N.S. Mapeamento das favelas cariocas: do vazio cartográfico ao espetáculo da integração. In: IV Encontro da Anparq, Porto Alegre, 25 a 29 de julho de 2016. **Anais...**, Porto Alegre, 2016.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico 2010:** Aglomerados Subnormais; informações territoriais. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- KUFFER, M.; PFEFFER, K.; SLIUZAS, R. Slums from space – 15 years of slum mapping using remote sensing. **Remote Sens.**, v. 8, n. 6, p. 455, 2016.
- LESSER, J.; KITRON, U., The Social Geography of Zika in Brazil: Brazil's Zika epidemic has placed new and added pressure on Brazil's public health system, but much about the outbreak is very old. **NACLA Report on the Americas**, v. 48, n. 2, p. 123-129, 2016.
- MAHABIR, R. *et al.* A Critical review of high and very high-resolution remote sensing approaches for detecting and mapping slums: trends, challenges and emerging opportunities. **Urban Sci.**, v. 2, n. 1, p. 8, 2018.
- NAÇÕES UNIDAS. **Relatório sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio 2015.** <http://www.un.org/millenniumgoals/>
- ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).** 2007
- O GLOBO. **Folheto da Riotur distribuído a turistas tira favelas da geografia da cidade.** 11 set. 2017. <https://oglobo.globo.com/rio/folheto-da-riotur-distribuido-turistas-tira-favelas-da-geografia-da-cidade-21806418>
- PATINO, J.E.; DUQUE, J.C. Uma revisão das aplicações científicas regionais de sensoriamento remoto por satélite em ambientes urbanos. **Computação. Meio Ambiente. Sistema Urbano** v. 37, p. 1-17, 2013.
- STURM, H.A. Favelas desaparecem de busca no Google Maps. **Estadão**, 08 abr. 2013. <https://www.estadao.com.br/noticias/geral,favelas-desaparecem-de-busca-no-google-maps,1018537>

UN-Habitat. **Urbanization and Development: Emerging Futures** 2016.

<https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf>

WORLD BANK. **World Development Report 2014: Risk and Opportunity—Managing Risk for Development**. Washington, DC, p. 363, 2013.

WURM, M.; TAUBENBÖCK, H.T. Detecting social groups from space –Assessment of remote sensing-based mapped morphological slums using income data. **Remote Sens. Lett.**, v. 9, n. 1, p. 41-50, 2019.

CAPÍTULO 92

USO DE CLASSIFICADORES EM IMAGEM DE SATÉLITES PARA O CÁLCULO DA PROPORÇÃO DE ESPAÇO PÚBLICO ABERTO A TODOS NO RIO DE JANEIRO

Gabriel Alvarenga Rocha¹

Andréa Diniz da Silva¹

Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão²

1. Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE. Rua André Cavalcanti, 106. Bairro de Fátima. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 20231-050. gabrirocha99@gmail.com; andrea.silva@ibge.gov.br.

2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geociências. Av. República do Chile, 500. Centro. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 20031-170. marcelo.maranhao@ibge.gov.br.

RESUMO

O uso de fontes tradicionais de dados para a produção de estatísticas públicas enfrenta desafios, como o custo elevado de pesquisas. Com o avanço da tecnologia, surgiu uma classe de dados chamada *Big Data*, que consiste em uma quantidade grande de dados de diversas fontes e pode auxiliar a produção de estatísticas. Um exemplo de *Big Data* são imagens de satélite. Este trabalho busca mostrar que é possível utilizar imagens de satélite para a produção de estatísticas públicas, ilustrando com o cálculo do indicador de proporção de área construída que é espaço público aberto a todos (indicador ODS 11.7.1), em bairros da cidade do Rio de Janeiro. Para isso, foram comparados cinco modelos de classificação, utilizando dados abertos de imagens de satélites para diferenciar espaço público aberto de espaço privado, por meio de segmentação semântica. Observou-se que o classificador Random Forest teve o melhor desempenho, entre os que foram estudados, com IoU e F1-score, em torno de 80%, em três das quatro classes definidas. O trabalho evidenciou a importância do uso de *Big Data*, como imagens de satélite, na produção de estatísticas públicas.

Palavras-chave: *Big Data*; imagens de satélite; indicador ODS 11.7.1; Agenda 2030; aprendizado de máquina.

ABSTRACT

The use of traditional data sources for the production of public statistics faces challenges, such as the high cost of research. With the advance of technology, a class of data called Big Data has emerged, which consists of an exorbitant amount of data from various sources and can assist in the production of statistics. One example of Big Data is satellite image. This work seeks to show that it is possible to use satellite images to produce statistics, illustrating with the indicator of the proportion of built area that is public space open to all (SDG indicator 11.7.1) in districts of Rio de Janeiro city. To this end, five classification models were compared, using open data from satellite images to differentiate open public space from private space, by means of semantic segmentation. It was observed that the Random Forest classifier performed best among those studied, with IoU and F1-score of around 80% in three of the four classes defined. The work highlighted the importance of using Big Data, such as satellite images, in the production of public statistics.

Keywords: *Big Data*; satellite images; SDG Indicator 11.7.1; Agenda 2030; machine learning.

INTRODUÇÃO

Em diversas áreas do saber, tem-se uma grande demanda por dados, que podem ser utilizados para uso público e produção de conhecimento científico. Tradicionalmente, as principais fontes de dados são aquelas advindas de pesquisas e registros administrativos. Porém, com o avanço da tecnologia, surgiu uma nova classe de dados, a qual é denominada *Big Data*. Segundo MacFeely (2019), este tipo de dado pode ser entendido como dados, em uma quantidade exorbitante, de diversas fontes.

A partir do surgimento das diversas fontes de *Big Data*, passou-se a ter uma grande disponibilidade de dados abertos para o público. Porém, apesar de haver uma enorme diversidade de dados, nem todos são provenientes de fontes confiáveis. Contudo, de acordo com Peixoto (2023), isso não significa que *Big Data* não deve ser utilizado; para ela, o uso de *Big Data* apenas exige técnicas avançadas para garantir sua precisão.

Um tipo de *Big Data* são imagens de satélite. Peixoto (2023) argumenta que imagens noturnas de satélite podem ajudar a capturar dados de forma mais barata e mais rapidamente, em tempo real. Além disso, segundo Savio *et al.* (2021), imagens de satélites já têm sido utilizadas como fontes de informação para estudos referentes à urbanização, uso da água, do solo, etc. Portanto, mesmo com o alto grau de incerteza existente em dados do tipo *Big Data*, já tem sido possível usufruir desses dados, disponíveis para a produção de informações relevantes e científicas.

Paralelamente, a carência de informações é um grande desafio para a produção de estatísticas públicas e a escassez de dados atualizados e de qualidade dificulta o monitoramento de indicadores socioeconômicos cruciais, tais como os da pobreza e da educação. Essa lacuna pode levar à formulação de políticas públicas mal direcionadas e ineficazes. Nesse contexto, a utilização de *Big Data* pode ser vantajosa para as estatísticas públicas, em diversos aspectos, conforme discutido por Jansen, Havinga e Sapkota (2022). Uma das vantagens é ampliar a cobertura geográfica e a segmentação de dados, possibilitando a coleta de informações, em diferentes locais e contextos, e a produção de indicadores desagregados. Dessa forma, é possível obter uma compreensão melhor das dinâmicas socioeconômicas e a identificação de grupos populacionais, que podem ter sido previamente sub-representados.

Um exemplo de tema importante, que carece de dados e que poderia se beneficiar do uso de *Big Data* e, mais especificamente, de imagens de satélite, é o indicador ODS 11.7.1: proporção da área construída nas cidades, que é espaço público aberto para uso de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência, da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU). A importância deste indicador é tremenda, porque o acesso a espaço público aberto está intrinsecamente relacionado à qualidade de vida e ao bem-estar da população (Peixoto, 2023). Contudo, Berisha, Caprioli e Cotella (2022) destacam que uma das principais dificuldades para a obtenção de dados precisos e confiáveis para o indicador 11.7.1 é a falta de uma definição clara sobre o que constitui um espaço público aberto para uso geral. Ademais, a falta de uniformidade na coleta e registro de dados, por parte das autoridades municipais e nacionais, dificulta a comparação entre cidades e países. Outro ponto de destaque, é a dificuldade em obter dados desagregados, por gênero, idade e pessoas com deficiência, uma vez que esses aspectos são importantes para avaliar a equidade no acesso aos espaços públicos abertos.

No Brasil, ainda se enfrentam desafios para o cálculo deste indicador, como a falta de dados para o seu cálculo (ODSBRASIL, 2023). Para contribuir com esse debate, o presente trabalho propõe o uso de *Big Data*, mais especificamente, de imagens de satélite, e de um classificador automático de imagens para identificar os espaços públicos abertos e ajudar na produção do indicador ODS 11.7.1. Para tanto, foram comparados cinco modelos de classificação automática, em dados abertos do tipo imagens de satélite, capazes de diferenciar espaço público, aberto a todos, de espaço privado e calculou-se a proporção de espaço público aberto para uso de todos, para cinco bairros do município do Rio de Janeiro.

MÉTODO

Foram utilizadas imagens de satélite, do Google Satélite®, de um recorte do município do Rio de Janeiro. Após alguns testes com diferentes resoluções, ponderando o equilíbrio entre qualidade de visualização dos elementos nas imagens e seu tamanho computacional, foi escolhido utilizar a resolução de 0,5 metros, ou seja, cada pixel da imagem representa 0,5 m² do espaço real. Um recorte do município do Rio de Janeiro, compreendendo uma área de 2.500 m², foi escolhido por inspeção

visual, de modo a garantir a presença de todos os elementos de interesse: faixas de areia, áreas verdes, casas/telhados e ruas e calçadas. Para treinar os modelos supervisionados, utilizaram-se máscaras neste recorte. As máscaras servem para identificar as verdadeiras classes de interesse da imagem, que estão presentes na imagem original. Elas foram extraídas dos dados do OpenStreetMap (OSM), uma plataforma colaborativa de mapeamento aberto e livre, que tem uma quantidade vasta de elementos mapeados para todo o mundo. A imagem sobreposta pela máscara do OpenStreetMap, identifica os elementos de interesse pela cor. A cor azul representa as casas e os telhados; o amarelo, as faixas de areia; o vermelho, as ruas e calçadas; e a cor verde, os parques e as áreas verdes (Figura 1).



FIGURA 1 - Recorte do município do município do Rio de Janeiro retirado do Google Satélite® (esq.) e a sobreposição da máscara do OpenStreetMap (dir.). Fontes: Google Satélite® (2023) e OSM (2023).

Para obter melhor desempenho em modelos de aprendizagem supervisionada, além da imagem e de sua máscara, é fundamental pré-processar as informações. Isso ajuda a evidenciar as características que deseja-se generalizar, facilitando a aprendizagem do modelo. Para esse fim, aplicamos filtros de transformação à imagem de satélite original. Esses filtros são técnicas de processamento de imagem, que realçam características específicas, como bordas, texturas e variações de cores. Ao modificar aspectos, como contraste, nitidez e aplicar algoritmos de detecção de bordas, esses filtros tornam visíveis detalhes que não seriam perceptíveis na imagem original, com o objetivo de destacar determinadas características, que auxiliassem na diferenciação das classes de interesse.

Para isso, foram testados diversos filtros de imagem, tais como filtros Gabor, com 32 combinações de diferentes de parâmetros, Roberts Edge, Scharr, Gaussian ($\sigma = 3$), Gaussian ($\sigma = 7$), Median ($k = 3$), entre outros, totalizando 41 filtros diferentes, mais a imagem original. Em seguida, foi realizado o treinamento de uma árvore de decisão, com uma pequena amostra de 1.240 píxeis, e escolhendo os filtros com maior importância para este modelo, com o objetivo de reduzir a dimensão dos dados que serão processados. Por fim, foram escolhidos oito filtros, dentre estes, o filtro gaussiano teve o maior escore de importância, seguido de outros filtros, de mediana, Scharr, Gabor, Roberts, com diferentes combinações de parâmetros.

Após as manipulações e o processamento dos dados, foram treinados e comparados os principais modelos de classificação supervisionada e avaliados, quanto às métricas de desempenho: revocação, precisão, F1-Score e IoU (Intersecção sobre a União, do inglês *Intersection over Union*). Os modelos avaliados foram Árvore de Decisão, *Random Forest*, *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost), *LightGBM* e *Perceptron Multicamadas* (MLP). O modelo que apresentou o melhor desempenho, de acordo com as métricas mencionadas, foi selecionado para calcular a proporção de espaço público, em cinco bairros, cada um, representando uma área de planejamento distinta. Esses bairros foram escolhidos manualmente, devido ao seu menor tamanho territorial, permitindo que o cálculo fosse viável na estrutura computacional disponível. O fluxograma dos métodos utilizados neste trabalho pode ser visto da Figura 2.

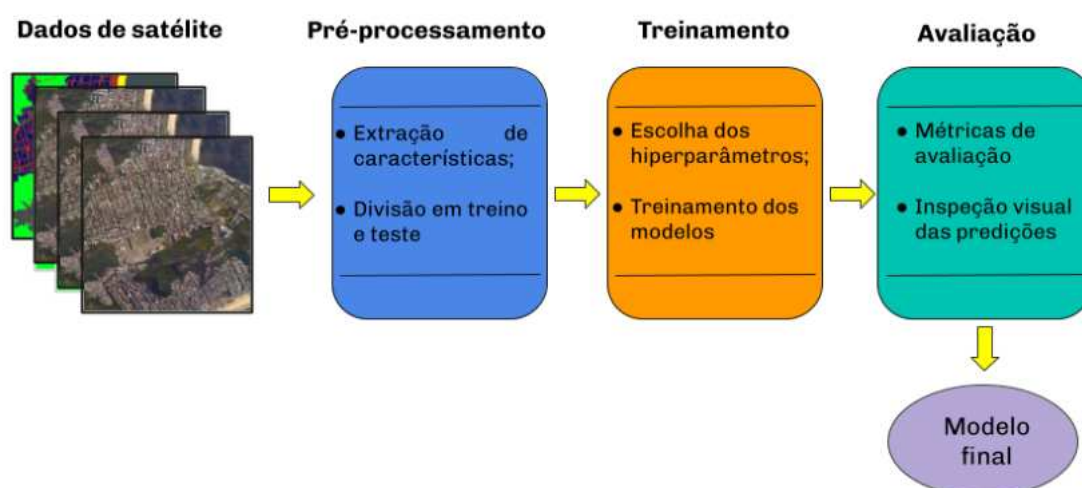


FIGURA 2 - Fluxograma do método adotado para seleção do modelo final. Elaboração própria.

RESULTADOS

Os modelos foram avaliados, por meio das seguintes métricas: revocação, precisão, F1-score e IoU. Destas métricas, a IoU foi a métrica com maior peso na hora de avaliar o desempenho dos modelos, uma vez que é amplamente utilizada para avaliar a sobreposição entre a máscara segmentada por um modelo e a máscara de referência, refletindo a capacidade do modelo em detectar corretamente a classe. Os valores de IoU para os modelos estudados podem ser vistos abaixo na Tabela 1.

TABELA 1 - Comparação dos valores de IoU para os modelos.

Componente	IoU (Intersecção sobre a União) (%)				
	Árvore de decisão	Random Forest	XGBoost	LightGBM	MLP
Faixa de areia	79,67	86,57	73,01	72,21	70,61
Ruas e calçadas	47,90	54,29	10,31	10,71	11,80
Parques (áreas verdes)	82,74	88,92	75,27	79,32	79,34
Casas/Telhados	74,87	82,01	69,98	68,44	68,26

Elaboração própria (2023).

Modelos baseados em árvores, como a árvore de decisão e Random Forest, apresentaram um desempenho superior aos demais, ao considerar a métrica IoU. Dentre eles, o modelo Random Forest se destacou, sendo, portanto, selecionado como o modelo final para este estudo. O modelo Random Forest apresentou ótimos resultados, tanto para a classe “Faixas de areia”, quanto para a classe “Parques (Área verde)” e “Casas/Telhados”, onde o modelo alcançou valores de IoU superiores a 80%, indicando uma sobreposição alta entre as máscaras e os valores preditos. A classe “Ruas e calçadas” teve o resultado de 47,90%, que, apesar de não ser alto, é o melhor resultado entre todos os modelos utilizados. Por fim, pode-se ver as previsões do modelo na Figura 3.

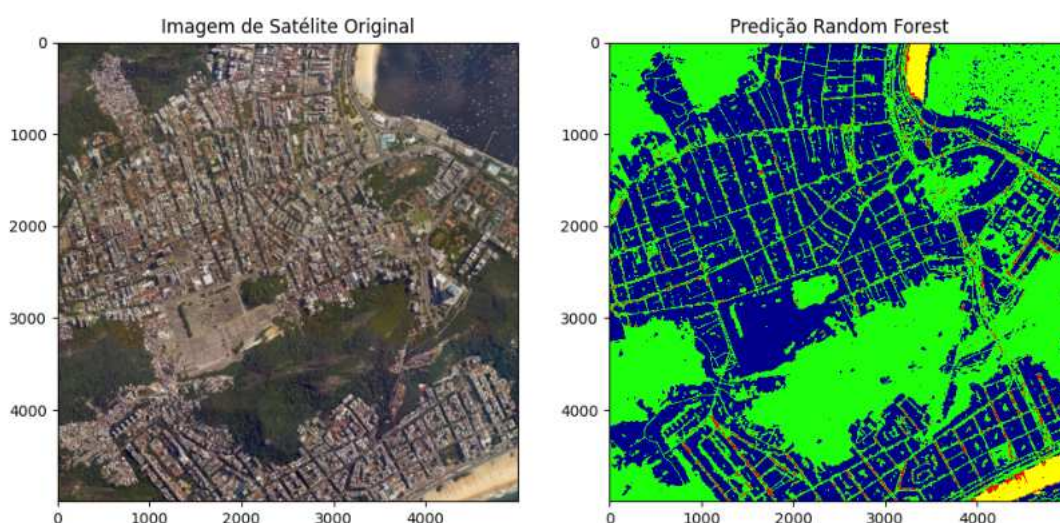


FIGURA 3 - Recorte do município do município do Rio de Janeiro retirado do Google Satélite® à esquerda e a classificação dos elementos da imagem com base no modelo Random Forest. Fonte: Google Satélite® (2023).

O modelo Random Forest foi utilizado para o cálculo da proporção de espaço público aberto a todos, conforme o indicador ODS 11.7.1. Dada a limitação de infraestrutura deste estudo e a massiva quantidade de dados, que as imagens de satélite de grandes regiões representam, foi decidido fazer a predição de cinco bairros do município do Rio de Janeiro, sendo cada um deles, de uma das cinco Áreas de Planejamento (AP) do Rio de Janeiro. Foram escolhidos os bairros Méier, Ipanema, Pechincha, Senador Vasconcelos e Lapa, por inspeção visual, levando em conta apenas o tamanho dos bairros; escolheu-se os menores em área, para que fosse possível processá-los com a quantidade disponível de memória RAM disponível.

Os valores das áreas públicas abertas a todos foram calculados, por meio da soma das classes: faixa de areia, ruas e calçadas e áreas verdes. Os resultados obtidos pelo modelo final podem ser vistos na Tabela 2 e a predição das classes, na Figura 4.

TABELA 2 - Valores dos componentes do indicador ODS 11.7.1 para os bairros escolhidos.

Componente	Proporção de espaços públicos abertos (%)				
	Méier	Ipanema	Pechincha	Sen. Vasconcelos	Lapa
Faixa de areia	0,11	5,95	0,19	0,05	0,10
Ruas e calçadas	10,77	11,66	9,93	7,91	10,24
Parques (áreas verdes)	21,54	26,00	24,84	58,16	24,95
Área pública aberta a todos	32,42	43,61	34,96	66,12	36,29

Elaboração própria (2023).

Observa-se que a faixa de areia representa 5,95% do espaço público do bairro de Ipanema. Os outros bairros não têm faixas de areia e, por isso, é de se esperar que tenham porcentagens muito baixas, embora diferentes de zero, causadas por falsos positivos, para esta classe. Quanto às ruas e calçadas, os percentuais são relativamente semelhantes entre os bairros, variando de 7,91% a 11,66%. Isso indica que uma porção considerável das áreas urbanas nos bairros analisados é ocupada por ruas e calçadas. Este percentual, provavelmente, é maior, uma vez que este modelo tem a característica de subestimar as ruas e calçadas, devido à presença de cobertura vegetal, que oculta as ruas e calçadas nas imagens de satélite e resultam em uma classificação errônea dessas classes.

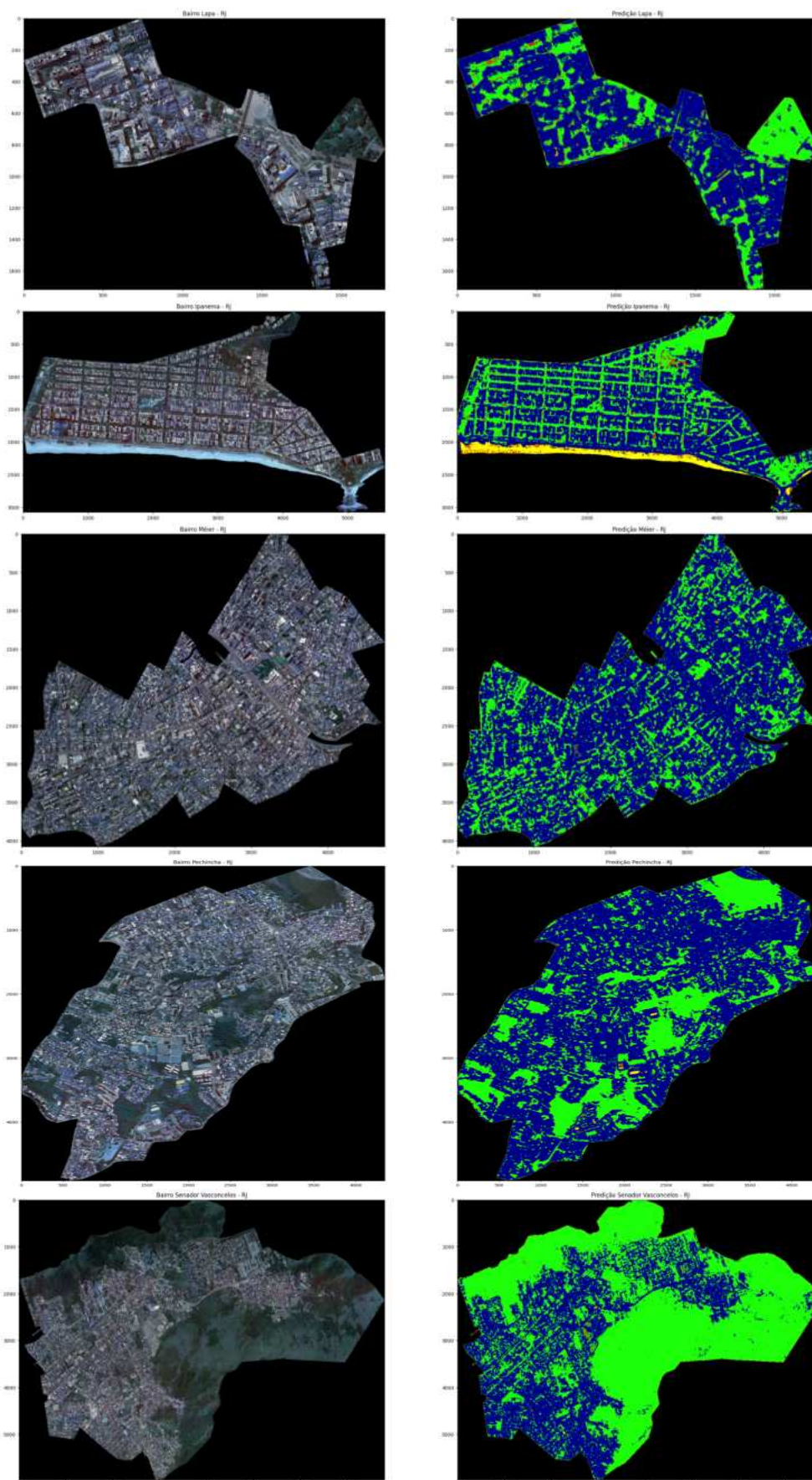


FIGURA 4 - Imagens dos bairros Lapa, Ipanema, Méier, Pechincha e Senador Vasconcelos retiradas do Google Satélite® (esq.) e a classificação dos elementos da imagem pelo modelo Random Forest (dir.).
Elaboração própria, a partir de Google Satélite® (2023).

O componente parques (áreas verdes) apresenta uma variação significativa nas proporções entre os bairros. Enquanto Méier e Lapa possuem proporções relativamente menores (21,54% e 24,95%, respectivamente), Ipanema e Pechincha apresentam valores mais altos, com 26,00% e 24,84%, nessa ordem. No entanto, é no bairro Senador Vasconcelos, que se destaca a maior proporção de área ocupada por áreas verdes, atingindo 58,16%. Esses resultados sugerem diferenças na distribuição de áreas verdes, entre os bairros selecionados, característica esperada pela diferença de densidade populacional e urbanização, entre as áreas de planejamento. Por fim, o indicador ODS 11.7.1 representa a proporção da área nas cidades que é espaço público acessível a todos os indivíduos. Essa métrica engloba todos os componentes mencionados anteriormente, refletindo o espaço urbano disponível para uso coletivo. Nesse contexto, Méier, Pechincha e Lapa possuem proporções menores, com valores de 32,43% a 36,30%. As maiores proporções ficam com Ipanema, que tinha 43,61% de espaço aberto ao público, e Senador Vasconcelos, com 66,16%. Esses bairros possuem faixas de areia ou vasta área verde e, por isso, se destacam por serem aqueles com maiores proporções de área pública.

CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados, foram obtidas conclusões positivas sobre o uso de *Big Data*, mais precisamente, de imagens de satélite, para a produção de estatísticas públicas. Mostrou-se que é possível utilizar imagens de satélites para o cálculo do indicador de proporção de área construída que é espaço público aberto a todos (indicador ODS 11.7.1), em bairros selecionados da cidade do Rio de Janeiro. Em particular, foram obtidos bons resultados para os modelos de árvores de decisão, com destaque para o Random Forest, que apresentou um desempenho superior, quando comparado com os outros testados. Essa seleção do modelo final foi fundamentada nos critérios das métricas IoU, precisão, revocação, F1-score e inspeção visual das previsões.

Além disso, o modelo final, Random Forest, demonstrou um excelente desempenho na classificação de faixas de areia, telhados de casas e áreas verdes, evidenciando sua capacidade de identificar essas características específicas nas imagens de satélite. Isso sugere que o uso de classificadores automáticos pode ser uma abordagem promissora para a identificação desses elementos urbanos relevantes.

No entanto, o trabalho também revelou desafios na distinção de “ruas e calçadas”. Esse problema decorre da presença de cobertura vegetal, que obscurece as ruas e calçadas nas imagens de satélite, dificultando a correta classificação. Embora essa dificuldade não afete o cálculo geral da área pública, ela resulta em uma subestimação da proporção de ruas e calçadas e uma superestimação das áreas verdes, quando feito o cálculo desagregado por classe.

Vale ressaltar que houve muitas limitações, quanto ao estudo referente à utilização do Google Satélite® e do OpenStreetMap, uma vez que podem estar defasados no tempo e, conseqüentemente, afetar a precisão dos resultados, além do custo computacional, em função do uso de imagens de satélite, que exige uma alta capacidade de processamento. Ainda assim, considerou-se que os resultados obtidos foram satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREIMAN, L. **Random forests**. Statistics Department, University of California, Berkeley, 2001.

BERISHA, E.; CAPRIOLI, C.; COTELLA, G. Unpacking sdg target 11.a: What is it about and how to measure its progress? **City and Environment Interactions**, v. 14, p. 100080, 2022. ISSN 2590-2520.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590252022000022>

JANSEN, M.; HAVINGA, R.; SAPKOTA, B. Benefits and challenges of Big Data in official statistics. *In*: **Conference of European Statisticians: Workshop on the use of Big Data in Official Statistics**, Geneva, Switzerland. 20-22 jun. 2022.

MACFEELY, S. The big (data) bang: opportunities and challenges for compiling sdg indicators. **Global Policy**, v.10, p. 121-133. 2019.

ODSBRASIL. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=11>

PEIXOTO, I.G. **Alternativas para o cálculo do indicador ODS 11.7.1**: Proporção da área construída das cidades que é espaço público aberto para uso de todos com base em dados abertos. cap. 2. Ponta Grossa: Editora Atena, 2023. p. 14-29. <https://atenaeditora.com.br/catalogo/download-post/81780>

SAVIO, G. *et al.* Mapping poverty of latin american and caribbean countries from heaven through night-light satellite images. **Social Indicators Research**, v. 156, 2021.

CAPÍTULO 93

USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA DO CÓRREGO IPIRANGA PARA O ANO DE 2023

Mateus Emanuel Miranda Oliveira¹

Ricardo Tavares Zaidan¹

1. Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Departamento de Geociências (PPGEO). Campus Universitário. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. São Pedro. Juiz de Fora. MG. Brasil. CEP: 36036-900. mateus.emanuel@estudante.ufjf.br; ricardo.zaidan@ufjf.br.

RESUMO

Este estudo explora a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (BHCI), em Juiz de Fora, Minas Gerais, para entender o uso e ocupação do solo em 2023. Os resultados indicaram uma predominância de áreas edificadas, sugerindo um alto nível de urbanização, especialmente, nas regiões norte, nordeste e central da bacia. Essas observações proporcionam uma visão detalhada da estrutura da bacia e ajudam a compreender os padrões de ocupação e o desenvolvimento urbano na região.

Palavras-chave: bacia Hidrográfica; uso do solo; urbanização.

ABSTRACT

This study explores the Ipiranga Creek Watershed (BHCI), in Juiz de Fora, Minas Gerais, to understand land use and occupancy in 2023. The results indicated a predominance of built-up areas, suggesting a high level of urbanization, especially in the northern, northeastern, and central regions of the watershed. These observations provide a detailed view of the watershed's structure and help to understand the patterns of occupancy and urban development in the region.

Keywords: watershed; land use; urbanization.

INTRODUÇÃO

Durante o processo de crescimento populacional, cresce a demanda de novas fontes tecnológicas e a necessidade de uma melhor infraestrutura para poder atender a expansão urbana. Nas últimas décadas, a urbanização desordenada, tanto no Brasil quanto em outras partes do mundo, resultou em consequências negativas para os recursos naturais e ecossistemas. Corroborando para a melhor compreensão dessas mudanças na superfície da Terra, durante esse processo de ocupação, houve um avanço significativo nas técnicas de sensoriamento remoto, impulsionando o progresso das Geotecnologias (Menon, 2016). Essas tecnologias permitem que pesquisadores visualizem diferentes usos do solo, por meio de imagens de satélite, facilitando a coleta de dados.

Este trabalho teve, como objetivo, mapear o uso e ocupação do solo em uma das sub-bacias do Rio Paraibuna, localizada na região de Juiz de Fora, em Minas Gerais, para o ano de 2023. O estudo utilizou técnicas de cartografia digital e interpretação de imagens (ESRI, 2023) para compreender a dinâmica da ocupação urbana na região.

Diante do exposto, vale ressaltar que esse trabalho faz parte de uma pesquisa mais abrangente, sobre áreas com ocupações irregulares, segundo a Lei Federal número 6766 e a Municipal, número 6908, sobre o uso e parcelamento do solo, desenvolvido no Laboratório de Geoprocessamento Aplicado (LGA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

METODOLOGIA

Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (BHCI) foi escolhida como área de estudo para esta pesquisa devido à sua relevância para a região de Juiz de Fora. Localizada na margem esquerda do rio Paraibuna, ao sul do perímetro urbano da cidade, a bacia compreende uma parte significativa do território. A Figura 1 mostra sua localização, em relação ao município de Juiz de Fora, e fornece uma visão geral da área. Estudar essa bacia pode ajudar a identificar padrões de ocupação e observar o desenvolvimento urbano na região.

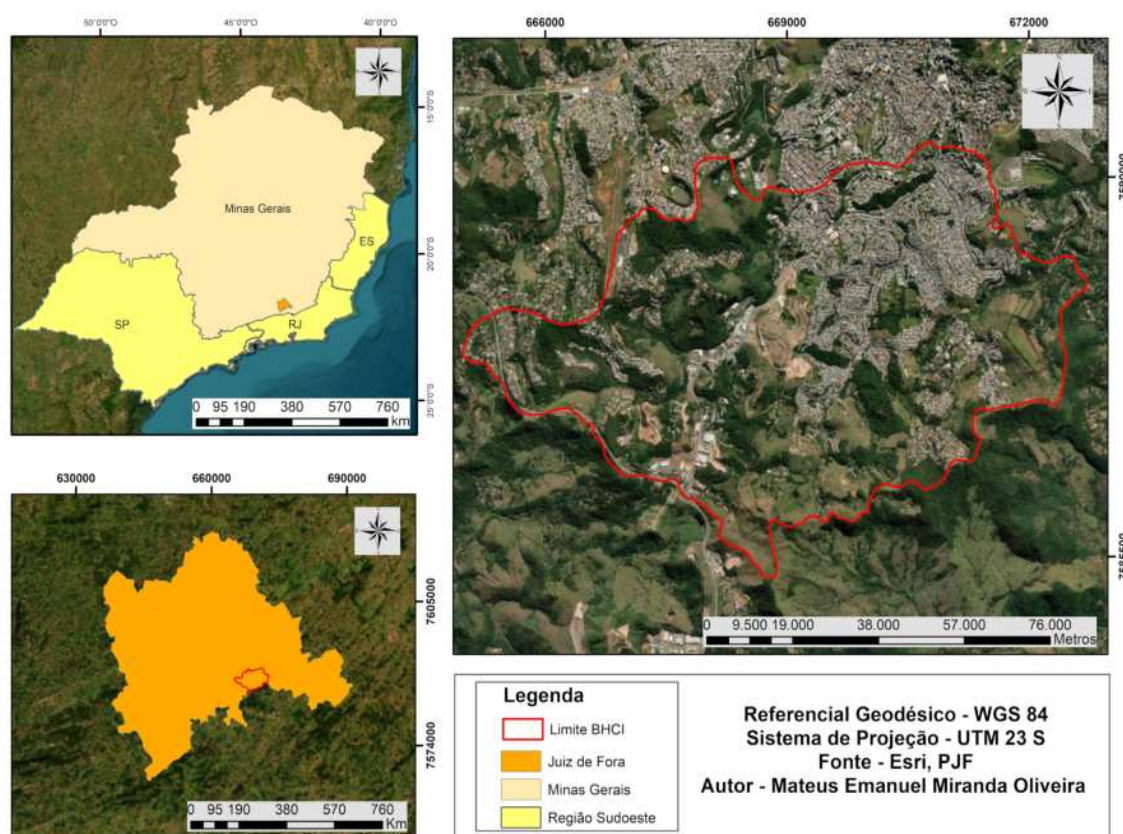


FIGURA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (BHCI). Elaboração própria.

Ferramentas utilizadas

O mapeamento do uso e cobertura da Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipiranga (BHCI) foi realizado por meio do Software ArcGIS, com base em uma imagem da ESRI para o ano de 2023 (ESRI, 2023). O processo de interpretação envolveu uma análise minuciosa da imagem, considerando alguns aspectos, como resolução, tonalidade, textura e forma para identificar elementos de interesse.

Após a fase de detecção, a pesquisa se concentrou no reconhecimento e na identificação dos elementos visuais, usando suas características, para classificar e agrupar objetos semelhantes. Foram analisadas propriedades como cor, textura, forma e padrão. Esse processo permitiu classificar com precisão as diversas características do ambiente estudado, proporcionando uma visão mais clara das diferenças e semelhanças entre os objetos identificados. Para refinar e complementar as informações obtidas por meio das imagens, a pesquisa utilizou metodologias de trabalho de campo, que permitiram uma compreensão mais aprofundada do cenário geral da área estudada. E foi possível criar uma classificação confiável dos diferentes elementos observados na região.

RESULTADOS

Durante o processo de interpretação do uso e cobertura do solo, seis classes distintas foram identificadas: áreas edificadas, vegetação arbórea, vegetação rasteira, solo exposto, áreas de represas e afloramentos rochosos. O mapa que mostra a distribuição dessas classes para o ano de 2023, conforme apresentado na Figura 2, oferece uma visão detalhada da estrutura da Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipiranga. A observação no mapa revela uma forte predominância de áreas edificadas, confirmando a alta urbanização da região.

De acordo com o uso e ocupação, a classe de áreas edificadas é a mais extensa na bacia, ocupando 45,12% da área total. O perímetro urbanizado está fortemente concentrado nas regiões norte, nordeste e central da bacia, caracterizado por pavimentação, construções densas e muitos estabelecimentos comerciais.

A classe de vegetação arbórea recobre cerca de 36,85% da bacia, em seu total, e são compostas por vegetação de grande porte e médio porte.

A classe de vegetação rasteira é composta por gramíneas e outras plantas de pequeno porte, incluindo elementos de pastagem. Com 15,40% da área total da bacia, essa classe ocupa uma parte significativa do ambiente.

Segundo o mapeamento, a classe de solo exposto representa 2,8% da área estudada, sendo caracterizada por áreas sem vegetação.

A segunda menor classe é a área de represas, que está localizada em terrenos particulares e ocupa 0,30% da área total do estudo; se caracteriza por corpos d'água associados a barragens e açudes.

A classe de afloramentos rochosos, que cobre 0,15% da área, é caracterizada por rochas expostas ao ambiente, sem vegetação. A presença dessa classe normalmente indica regiões de solo raso ou inexistente, sugerindo uma maior estabilidade geológica e proporcionando informações sobre processos geológicos, ao longo do tempo.

A Figura 3 oferece uma compreensão mais clara da dinâmica do uso e ocupação do solo, por meio de um gráfico, que mostra a distribuição percentual de cada classe. O gráfico facilita a visibilidade das proporções relativas de áreas edificadas, vegetação arbórea, vegetação rasteira, solo exposto, áreas de represas e afloramentos rochosos, permitindo uma visualização comparativa entre as classes.

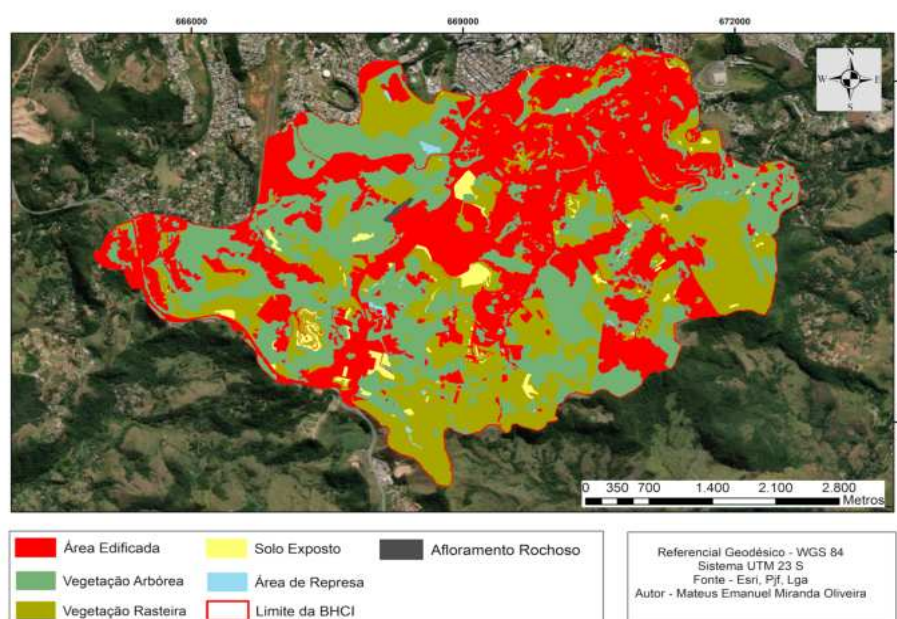


FIGURA 2 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipiranga (BHCI). Elaboração própria.

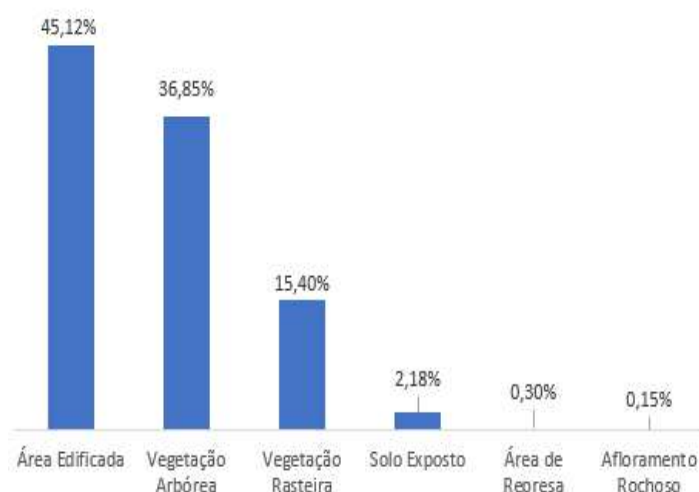


FIGURA 3 - Gráfico de Barras apresentando a distribuição das classes de uso e ocupação referente ao mapeamento do uso e cobertura de 2023. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

O estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipiranga (BHCI), em Juiz de Fora, destaca várias características que compõem a ocupação do solo na região. A alta presença de áreas edificadas mostra o intenso nível de urbanização local, especialmente, nas regiões norte, nordeste e central, onde se concentram construções e estabelecimentos comerciais.

A vegetação arbórea cobre uma parte significativa da bacia, enquanto a vegetação rasteira é composta por gramíneas e outras plantas de pequeno porte. As classes de solo exposto, áreas de represas e afloramentos rochosos também estão presentes, evidenciando a diversidade geológica e a existência de áreas naturais na bacia.

Esses dados oferecem uma visão abrangente da distribuição do uso do solo, facilitando uma melhor compreensão da dinâmica da ocupação urbana e das áreas naturais. O mapeamento realizado e as informações apresentadas neste estudo oferecem uma base sólida para examinar a estrutura da bacia e entender como as diferentes classes de ocupação interagem com o ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESRI, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA FSA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, Comunidade de Usuários GIS. **Fonte de dados geoespacial para 2023.**

<https://support.esri.com/pt-br/knowledge-base/what-is-the-correct-way-to-cite-an-arcgis-online-basemap-000012040>

GAMA, J.P. de A.C. **Aplicação do modelo SINMAP para análise de risco na microbacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em Juiz de Fora-MG.** 2022. Trabalho acadêmico (Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geociências), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2022.

MENON JÚNIOR, W.; ZAIDAN, R.T. Conflitos de Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Córrego do Yung (Juiz de Fora-MG) Com a Legislação de Parcelamento do Solo e Sua Evolução Entre os Anos 1968 e 2010. **Formação (Online)**, v. 3, n. 23, 2016.

JUIZ DE FORA (Prefeitura Municipal). **Sistema de Informação para o Desenvolvimento Territorial - SISURB.** https://www.pjf.mg.gov.br/desenvolvimentodoterritorio/sistema_informacoes/hidrografico.php

ZAIDAN, R.T. **Fotointerpretação e Sensoriamento Remoto.** Parte 1. Departamento de Geociências, Instituto de Ciências Humanas (ICH), Universidade Federal do Juiz de Fora (UFJF). <https://www2.ufjf.br/lga/disciplinaslab/disciplinas-teoricas/geo121-fotointerpretacao-e-sensoriamento-remoto/>

ZAIDAN, R.T. Geoprocessamento: conceitos e definições. **Revista de Geografia - PPGEO-UFJF**, v. 7, n. 2, 2017.



EIXO 9

Análise de séries temporais e detecção de mudanças

CAPÍTULO 94

ANÁLISE BITEMPORAL DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA EM MARICÁ (RJ)

Beatriz Mourão Lopes¹

Beatriz Costa de Jesus¹

Moniqui dos Santos Mattos¹

Gabriela Cantuária Nobre Andrade¹

Phillipe Valente Cardoso²

1. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP). Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. beatrizmourao1998@gmail.com; biabixxdcosta@gmail.com; santosmoniqui544@gmail.com; gabicanterbury096@gmail.com.
2. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP). Programa de Pós-Graduação em Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. phillipevalente@gmail.com.

RESUMO

A modificação da superfície terrestre pela ação humana é uma realidade crescente, com impactos locais e globais significativos. O mapeamento bitemporal do uso e cobertura da terra torna-se crucial para compreender essas mudanças, principalmente em cidades médias e grandes. O município de Maricá, RJ, exemplifica esse fenômeno com um rápido crescimento populacional, impulsionado principalmente por suas políticas públicas advindas dos *royalties* de petróleo. Este estudo utilizou o Google Earth Engine e imagens de satélite Landsat para analisar as mudanças na paisagem de Maricá, entre 1985 e 2023. A metodologia incluiu o processamento de dados na plataforma Google Earth Engine e análise no ArcGIS Pro, identificando mudanças nas classes de cobertura da terra. Este estudo contribui para uma compreensão mais profunda das transformações na paisagem, em áreas urbanas em crescimento, orientando o planejamento urbano e a conservação ambiental de forma mais eficaz.

Palavras-chave: mudança; mapeamento bitemporal; Maricá.

ABSTRACT

The modification of the Earth's surface by human action is a growing reality, with significant local and global impacts. The bitemporal mapping of land use and land cover becomes crucial to understand these changes, particularly in medium and large cities. The municipality of Maricá, RJ, exemplifies this phenomenon with rapid population growth, driven mainly by its public policies stemming from oil royalties. This study used Google Earth Engine and Landsat satellite images to analyze changes in Maricá's landscape between 1985 and 2023. The methodology involved data processing on the Google Earth Engine platform and analysis in ArcGIS Pro, identifying changes in land cover classes. This study contributes to a deeper understanding of landscape transformations in growing urban areas, guiding urban planning and environmental conservation more effectively.

Keywords: change; bitemporal mapping; Maricá.

INTRODUÇÃO

A humanidade, por meio da sua relação com a superfície terrestre, tem modificado, cada vez mais, a paisagem, pela conversão de áreas naturais para outros usos, gerando problemas de ordem local e global. Nesse sentido, visando minimizar os impactos negativos das ações humanas na paisagem, muitos estudiosos buscaram, não só identificar em que local estão ocorrendo essas mudanças, como também quantificá-las. Diante disso, o mapeamento bitemporal do uso e cobertura da terra é uma

ferramenta importante para analisar a evolução espaço-temporal das mudanças na superfície terrestre. Turner e Meyer (1994) afirmam que existem dois tipos de mudança, sendo elas, conversão e a modificação. A conversão se refere a mudança de um tipo de cobertura para outra, como as áreas que eram florestadas e passaram a ser urbanas. Enquanto que a modificação se refere à mudança de condição, dentro de uma mesma classe, como o aumento de áreas construídas em áreas urbanas.

Atualmente, dado o avanço das geotecnologias, vários pesquisadores têm estudado a superfície da terra, como forma de mitigar impactos negativos, decorrentes das mudanças antrópicas na paisagem. Esses estudos são ainda mais necessários em cidades médias e grandes, em que os crescimentos urbano e populacional têm se mostrado superiores (Zhang *et al.*, 2016), como é o caso da área de estudo considerada neste trabalho.

A priori, para analisar as mudanças de uso e cobertura da terra em Maricá, deve-se levar em consideração que as paisagens não são estáticas, mas, sim, o resultado de processos complexos e interativos, ao longo do tempo. Conforme Bertrand (2004), é imprescindível considerar a interação dinâmica entre elementos físicos, biológicos e antrópicos, na formação e evolução das paisagens.

O município de Maricá está localizado no estado do Rio de Janeiro e, em um curto período de tempo, aumentou sua população, em mais de 50%, em apenas 10 anos. De acordo com os dados do Censo Demográfico do Brasil de 2010, a população de Maricá era de 127.461 habitantes. Na última contagem do Censo, em 2022, passou a ser de 197.277 habitantes. Esse aumento considerável deve-se principalmente a fatores locais. Atualmente, o município de Maricá lidera o *ranking* de *royalties* de petróleo, o que lhe permite investir em diversas políticas públicas e ações sociais, que tornam a cidade atrativa para muitos moradores, que fazem limites com Maricá, como é o caso de São Gonçalo (G1, 2023). Ao compararmos a população de Maricá com os outros municípios que fazem limite, observa-se que aqueles mais populosos, tiveram tendência à queda, enquanto que Maricá continuou a aumentar a sua população, como visto no gráfico da Figura 1.

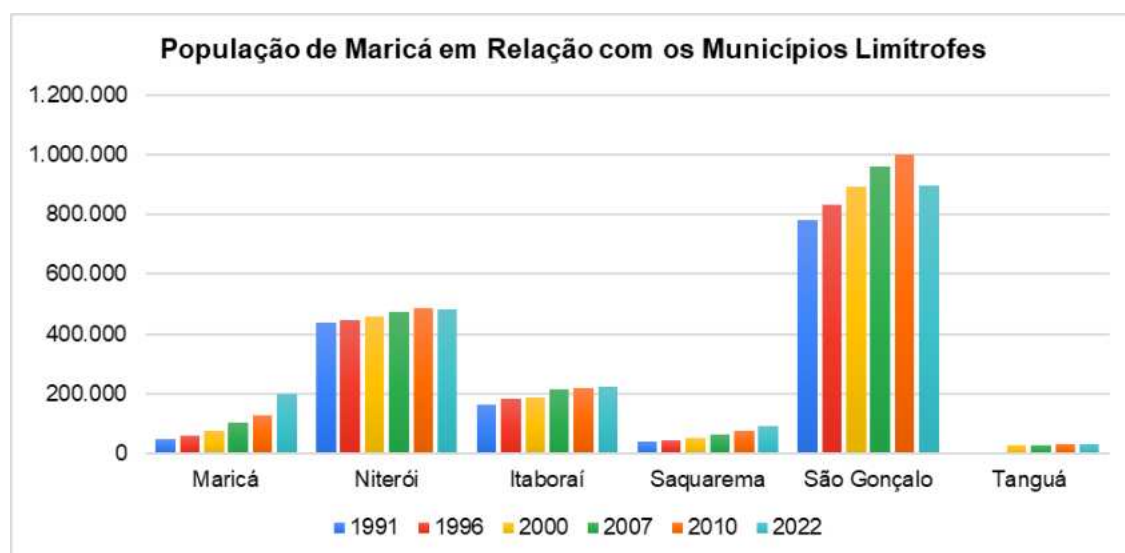


FIGURA 1 - População dos Municípios por dados do Censo. Fonte: IBGE 2023. Elaboração própria.

Um dos momentos em que Maricá passou por um grande “boom” populacional, foi durante as décadas de 1980 e 1990. Guichard (2001) relata que, frente à retração da economia, a perda de direitos e a consolidação do projeto neoliberal, o município de Maricá recebeu principalmente moradores de Niterói e do Rio de Janeiro, promovendo um grande crescimento populacional no município. Durante esse período, as mudanças na paisagem foram notáveis, especialmente, no litoral, onde as restingas e as áreas úmidas foram parceladas e ocupadas por loteamentos. A beleza cênica e a facilidade de ocupação foram fatores-chave nesse processo, conforme observado por Sochaczewski (2004). Posteriormente, a duplicação da RJ-106, em 2000, intensificou o processo de migração para a região,

uma vez que facilitou o acesso em comparação com outras cidades e a capital do estado do Rio de Janeiro. Segundo Gomes (2002), a melhoria na acessibilidade na região, aliada ao baixo custo da terra e à falta de fiscalização, propiciaram a ocupação irregular de espaços, ambientalmente, importantes. Isso resultou em diversos impactos ambientais, tais como: poluição, erosão e sedimentação de corpos hídricos, desmatamento e queimadas. Diante desse cenário, os estudos que utilizam técnicas derivadas das geotecnologias, desempenham um papel crucial na caracterização dos padrões espaço-temporais das mudanças de uso e cobertura da terra. Essas análises, não apenas fornecem informações importantes para a conservação e preservação de áreas ambientalmente sensíveis, como também servem de base científica para a otimização e a modernização das estruturas de uso do solo urbano, como destacado por Zhao *et al.* (2021).

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada, por meio da aquisição e do processamento de dados em nuvem, na plataforma *Google Earth Engine* (GEE), que utiliza técnicas de programação e *Big Data* e tem um grande potencial para avaliar os padrões espaço-temporais da paisagem, além de armazenar e processar grandes conjuntos de dados (em escala de petabytes) para análise e tomada de decisão final. Dentre os dados disponibilizados na plataforma, pode-se mencionar climáticos, de temperatura, as características geofísicas e as imagens de satélites, como do Landsat, Sentinel e MODIS (Mutanga; Kumar, 2019).

Desde que foi lançado em 2011, o GEE tem mostrado múltiplas aplicações. Montoya *et al.* (2023), ao fazer um levantamento bibliográfico sobre as produções científicas que utilizam o GEE, observou que, de 2011 a 2016, os estudos abordados eram principalmente sobre desmatamento da vegetação, mapeamento de culturas, monitoramento do nível da água do mar, análise de risco, planejamento urbano, análises multitemporais e outras aplicações. No entanto, a maior quantidade de literatura científica foi produzida entre 2017 a 2022 e isso se explica, pelo fato da popularização da plataforma. Ainda de acordo com Montoya *et al.* (2023), a China lidera as publicações científicas, com 994 publicações, seguida pelos Estados Unidos, com 623; a Índia, com 231; e o Brasil, com 134. No Brasil, os temas principais são análises espaço-temporais sobre a Amazônia, análise de uso e cobertura da terra e outras aplicações.

Dados os fatos supracitados, nota-se a enorme potencialidade do GEE e do sensoriamento remoto para a realização de múltiplas análises espaciais. Nesse ínterim, foram utilizadas as imagens da série histórica do Landsat para fazer a classificação de uso e cobertura do solo na interface do GEE. Nesse momento de escolha das imagens, foram selecionadas aquelas livres de nuvens, utilizando um filtro para eliminar *pixels* com pontuação de nuvem. Esse procedimento precisa ser realizado, para não comprometer a classificação. É imprescindível destacar que a escolha da família Landsat deve-se ao fato de que apresentam o maior tempo de imageamento da superfície terrestre disponível. No âmbito dessa análise, foram utilizadas as imagens orbitais de 1985, do Landsat 5; e de 2023, do Landsat 8.

Em seguida, para auxiliar na seleção de amostras, foram utilizadas algumas composições de bandas, que realçam as características da superfície terrestre e facilitam a interpretação visual da imagem. Como a composição B5,B4,B3 que foi útil para distinguir a vegetação densa e a água. Dentre as classes utilizadas, podem ser citadas: Formação Florestal, Urbano Rarefeito, Urbano Médio, Afloramento Rochoso, Pastagem, Água, Areia e Restinga.

Posteriormente, foram selecionadas cerca de 130 amostras para cada classe e a validação dessas amostras foi realizada pelo GEE, assim como a geração do índice Kappa, que é uma medida estatística usada para avaliar a concordância entre diferentes classificações de dados, como no caso do mapeamento de uso e cobertura da terra. Ele compara a concordância observada entre as classificações de diferentes observadores ou métodos com a concordância esperada devido ao acaso.

O índice avalia a precisão das classificações, realizadas por sistemas de sensoriamento remoto ou técnicas de processamento de imagem. Além de oferecer uma medida quantitativa da confiabilidade

dessas classificações, permitindo uma compreensão mais clara de quão bem os algoritmos ou conjuntos de dados estão descrevendo as diferentes classes de uso e cobertura da terra na região analisada. Landis e Koch (1977) associam valores de Kappa à qualidade da classificação. Os valores são respectivamente: 0 (péssima), 0.01 a 0.20 (Ruim), 0.21 a 0.40 (Razoável), 0.41 a 0.60 (Boa), 0.61 a 0.80 (Muito Boa) e 0.81 a 1.00 (Excelente).

Nesse sentido, os valores obtidos no índice Kappa para a classificação de 1985 foi de 0.87 (Excelente) enquanto para 2023, foi de 0.76 (Muito Boa). Posteriormente, esses dados foram inseridos no ArcGIS Pro para realizar algumas edições manuais e calcular a área dos usos e cobertura da terra. Como também, identificar em que local ocorreram essas mudanças, por meio da interseção das classes.

RESULTADOS

Ao analisar o gráfico (Figura 2) e os mapeamentos de uso e cobertura da terra de 1985 (Figura 3) e 2023 (Figura 4), observa-se que existe uma predominância, em 1985, de áreas úmidas com, aproximadamente, 73 km² e pastagem, com 131 km². Além disso, percebe-se a presença de um urbano rarefeito, muito incipiente. Em 2023, nota-se que as áreas úmidas, no mapeamento de 1985, foram dando espaço para Áreas Urbanas Médio e Rarefeito, diminuindo assim, as áreas úmidas e adentrando o bioma restinga, que vem sendo constantemente ameaçado por novos projetos desenvolvimentistas.

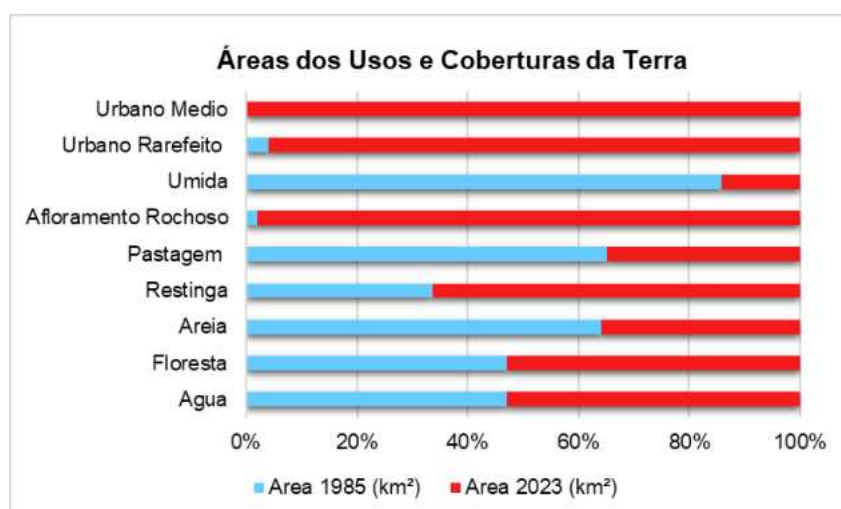


FIGURA 2 - Quantificação das Classes de Uso e Cobertura da Terra. Elaboração própria.

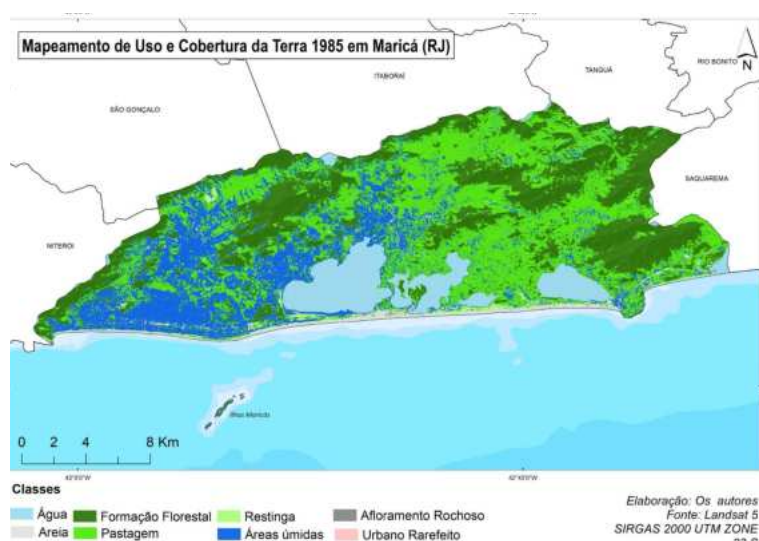


FIGURA 3 - Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra em Maricá 1985. Elaboração própria.

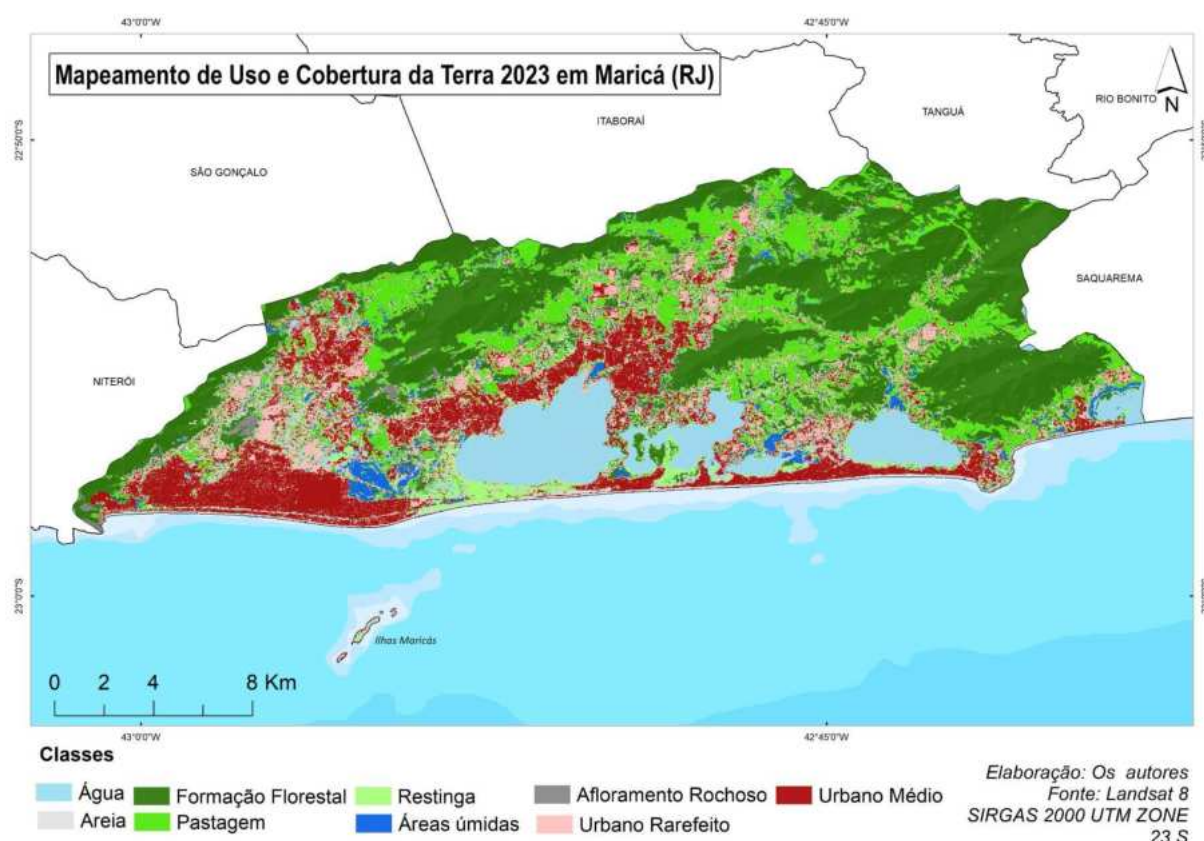


FIGURA 4 - Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra em Maricá 2023. Elaboração própria.

Ao quantificar a evolução das classes de uso e cobertura da terra, observa-se que, aproximadamente, em 184,229 Km² de extensão houve mudança, enquanto as áreas sem mudanças representaram 178,854 Km². Essas mudanças representam 50,95% da área do município, em face de 49,04%, sem mudanças. Elas podem ser observadas principalmente no distrito de Itaipuaçu, na faixa litorânea e ao redor da lagoa de Maricá, como pode ser visto na Figura 5. As maiores mudanças observadas foram da conversão de áreas úmidas para urbano médio, cerca de 8,10% da área do município foram convertidas de áreas úmidas para o urbano médio. Quanto a isso, observa-se um grande problema, dada a conversão das áreas úmidas em urbanas, principalmente, relacionado às inundações e enchentes recorrentes em períodos chuvosos. Nesse ínterim, a impermeabilização do solo, por meio da expansão da infraestrutura urbana, impossibilita que a água da chuva seja absorvida e armazenada. Assim, a água da chuva é direcionada rapidamente para os rios e os sistemas de drenagem, que podem não ter capacidade para aguentar grandes volumes de água, como ocorre em Maricá.

A segunda maior mudança foi proveniente da conversão de áreas de pastagem para o urbano rarefeito, essa conversão representa 6,90% da área do município. Em seguida, também foi notável a conversão das áreas de Pastagem em Floresta, essa mudança corresponde a 6,73%. Em quarto lugar, 5,73% da área do município vivenciou a conversão de Áreas úmidas em Urbano Rarefeito. Por último, houve a conversão de 4,68% da classe de Pastagem para Urbano Médio.

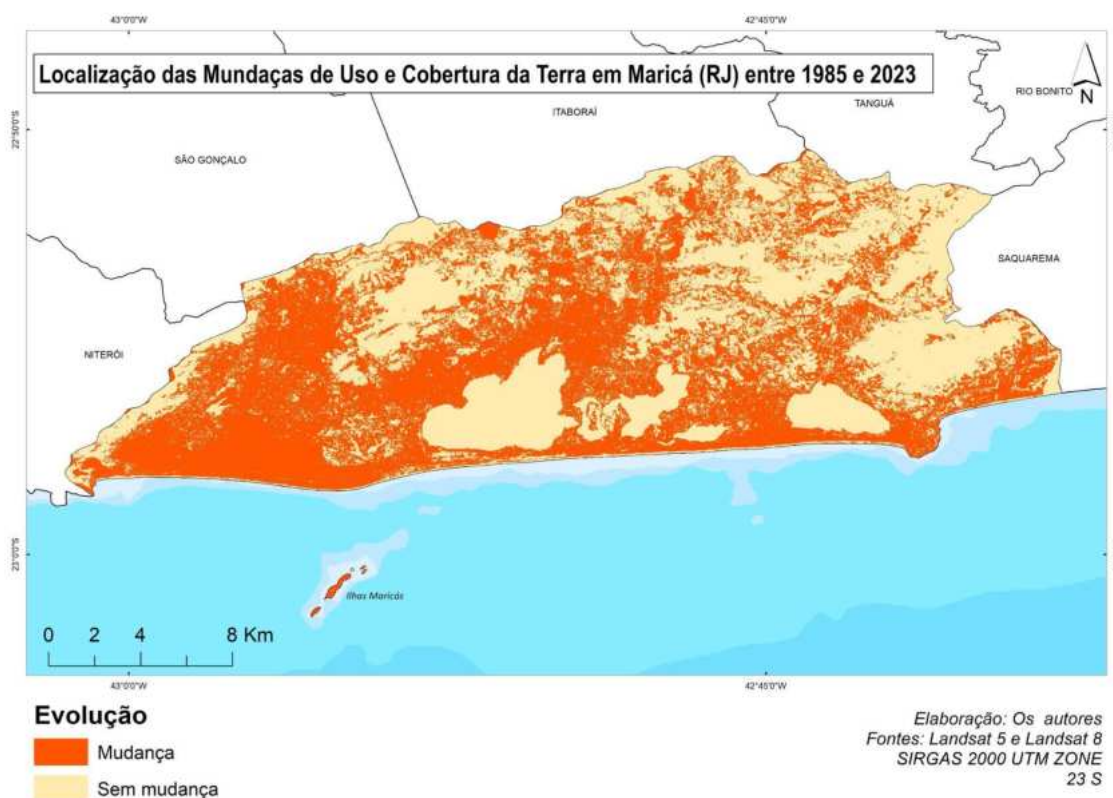


FIGURA 5 - Localização das Mudanças de Uso e Cobertura da terra entre 1985 e 2023. Elaboração própria.

Ao analisar os mapas, observa-se que a paisagem passou por mudanças substanciais, revelando padrões claros de pressão urbana sobre os serviços geossistêmicos. A conversão de áreas naturais para uso urbano médio ou rarefeito sugere uma expansão descontrolada das áreas urbanas, muitas vezes, às custas da supressão de áreas naturais e essenciais para a manutenção da vida. Holzer e Crichyno (2002) apontam que a eliminação da vegetação nativa, em detrimento da expansão das áreas urbanas, foi acompanhada de empobrecimento da biodiversidade, com a possível extinção de espécies. Atualmente, a vegetação de restinga está reduzida e confinada em algumas áreas residuais e na Área de Proteção Ambiental de Maricá (APAMAR).

Apesar do grande avanço do urbano sobre as áreas naturais, o município apresenta uma fauna rica, dada a criação e gestão de importantes unidades de conservação (UC), como o Refúgio de Vida Silvestre, a Área de Preservação Ambiental das Serras de Maricá, o Monumento da Pedra de Inoã e Itaocaia. Em alguns casos, essas UCs atuaram como enclaves no processo de expansão das áreas urbanas, como na Reserva de Vida Silvestre, que constitui uma área de proteção integral.

CONCLUSÕES

Diante da análise detalhada das mudanças de uso e cobertura da terra em Maricá, é evidente a importância das geotecnologias, como ferramentas indispensáveis para compreender, monitorar e planejar a evolução das mudanças na paisagem. Ao quantificar e mapear as transformações ocorridas, as geotecnologias oferecem informações indispensáveis para o planejamento urbano, a conservação e a preservação ambientais, como também para a gestão da paisagem. Ao analisar as mudanças de uso e cobertura da terra em Maricá, nota-se que essas provêm principalmente da conversão de áreas úmidas em urbano rarefeito ou médio, o que gera diversos problemas, relacionados à impermeabilização do solo, enchentes, desconforto térmico e outros. Por fim, é crucial reconhecer que o aumento das áreas urbanas não se limitou apenas à expansão física, mas implicou em mudanças ambientais substanciais na paisagem e nos serviços geossistêmicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia física global. Esboço metodológico. **Revista RA´EGA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
- G1. Cresce a arrecadação dos *royalties* de petróleo e Maricá lidera ranking com recorde de R\$ 2,5 bilhões em 2022. **G1**, 13 jan. 2023.
- GOMES, M.L.T.; ALMEIDA, F.G. **A questão ambiental e o manejo pescador do sistema lagunar de Maricá**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.
- GUICHARD, D. **O lugar das classes médias em Maricá**. 2001. 126f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.
- HOLZER, W.; CRICHYNO, J. Sustentabilidade da urbanização em áreas de restinga: uma proposta de avaliação pós ocupação. *In*: Congresso Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. 2002, São Paulo, NUTAU/USP. **Anais...**, São Paulo, 2002.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico 2010**: Características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. <https://www.ibge.gov.br/censo2010>
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.
- MONTOYA, A.V. *et al.* Google Earth Engine: A Global Analysis and Future Trends. **Remote Sensing**, Switzerland, v. 15, n. 14, jul. 2023. <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/14/3675#B30-remotesensing-15-03675>
- MUTANGA, O.; KUMAR, L. Google Earth Engine Applications. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, 591, 2019.
- SOCHACZEWSKI, J. **Contexto do Desenvolvimento Adotado pelo Município de Maricá, RJ**. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Instituto de Geociência, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/26204>
- TURNER, B.L.II; MEYER, B.L. Global land use and land cover change: An overview. *In*: MEYER, W.B.; TURNER, B.L.II. (ed.). **Changes in land use and land cover: a global perspective**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1994. p. 3-10.
- ZHANG, L. *et al.* A Naturally-Derived Compound Schisandrin B Enhanced Light Sensation in the pde6c Zebrafish Model of Retinal Degeneration. **PLoS One**. v. 11, e0149663, 2016. <https://zfin.org/ZDB-PUB-160302-1>
- ZHAO, Q.; YU, L.; Li, X.; PENG, D.; ZHANG, Y.; GONG, P. Progress and Trends in the Application of Google Earth and Google Earth Engine. **Remote Sens.**, v. 13, n. 8, 3778, 2021.

CAPÍTULO 95

ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DO USO DA TERRA À LUZ DAS LEGISLAÇÕES NA REPRESA DR. JOÃO PENIDO, JUIZ DE FORA-MG, POR GEOPROCESSAMENTO

Carla Medeiros Langoni¹
Diogo Parreira Lapa²
Guilherme Matoso Mendonça²
Hiago Dalia Oliveira²
Olívia Rosa Gomes³
César Henrique Barra Rocha³

1. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. Juiz de Fora. MG. Brasil. CEP: 36036-900. carla.langoni@engenharia.ufjf.br.
2. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Departamento de Geociências Rua José Lourenço Kelmer, s/n. Juiz de Fora. MG. Brasil. CEP: 36036-900. diogo.parreira@ich.ufjf.br; guilherme.mendonca@estudante.ufjf.br; hiago.oliveirabc@gmail.com.
3. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Departamento de Transportes e Geotecnia. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. Juiz de Fora. MG. Brasil. CEP: 36036-900. olivia.rosa@engenharia.ufjf.br; cesar.barra@ufjf.br.

RESUMO

Os recursos hídricos são vitais para o meio ambiente e a qualidade de vida da população, porém enfrentam desafios decorrentes do crescimento urbano e da não priorização por parte dos gestores públicos. Um exemplo disso, é a represa Dr. João Penido, em Juiz de Fora, que desempenha um papel crucial no abastecimento municipal, mas que, em contrapartida, tem a sua bacia de contribuição sofrendo impactos significativos, devido ao uso indevido da terra. Mudanças legislativas, como o Novo Código Florestal, foram uma tentativa de regulamentar o uso e cobertura da terra nessas áreas, porém não tiveram o efeito esperado e, em Juiz de Fora, foi promulgada a Lei Municipal n. 13.672/2018 visando regulamentar e limitar o uso da terra nas áreas de contribuição dos mananciais públicos. Assim, o presente estudo utiliza dados fornecidos pelo MapBiomias e a aplicação das métricas ecológicas da paisagem, a fim de analisar os impactos de ambas as legislações na BCRDrJP. Mostrando que houve um aumento expressivo das classes que têm interferência antrópica direta na região e, mesmo nas classes relacionadas à vegetação nativa, o aumento ocorrido é acompanhado de maior fragmentação na área. Assim, se faz importante monitorar e proteger os mananciais para garantir a sustentabilidade ambiental e o bem-estar da população, com leis que priorizem a preservação e o manancial, como um todo.

Palavras-chave: Represa Dr. João Penido; métricas ecológicas da paisagem; monitoramento ambiental.

ABSTRACT

Water resources are vital for the environment and the population's quality of life, but they face challenges arising from urban growth and lack of prioritization by public managers. An example of this is the Dr. João Penido dam, in Juiz de Fora, which plays a crucial role in municipal water supply, but which, on the other hand, has its contribution basin suffering significant impacts due to improper use of the land. Legislative changes such as the New Forest Code were an attempt to regulate the use and coverage of land in these areas, however they did not have the expected effect and, in Juiz de Fora, Municipal Law n. 13,672/2018 was enacted aiming to regulate and limit the use of land in areas where public water sources are contributed. Therefore, the present study uses data provided by MapBiomias and the application of Ecological Landscape Metrics to analyze the impacts of both legislations on the BCRDrJP. Showing that there was a significant increase in the classes that have direct anthropogenic interference in the region, and even in the classes related to native vegetation, the increase that occurred comes along with greater fragmentation in the area. Therefore, it is important to monitor and protect water sources to guarantee environmental sustainability and the well-being of the population, with laws that prioritize preservation and the water source as a whole.

Keywords: Dr. João Penido Dam; ecological landscape metrics; environmental monitoring.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos têm grande importância para o meio ambiente, na garantia da qualidade de vida da população e na manutenção do ecossistema. Com o crescimento do processo de urbanização e o aumento da população, os corpos hídricos podem sofrer impactos ambientais significativos, devido à alteração e ocupação do espaço para atender as necessidades humanas (Correia, 2023). A partir disso, é fundamental um gerenciamento adequado e sustentável, considerando os impactos das atividades humanas no ciclo hidrológico, já que esse recurso também pode ser visto como oportunidade, por meio do abastecimento público e da implantação de empreendimentos imobiliários, lazer, agropecuária etc (Oliveira *et al.*, 2023).

Datando de 1934, a represa Doutor João Penido tem importante papel na dinâmica de abastecimento público no município de Juiz de Fora (MG). Sendo resultado do represamento do ribeirão dos Burros, configura-se como a primeira fonte de abastecimento de água no município e, por muitos anos, a principal delas. Além disso, possui capacidade para fornecer até 800 litros por segundo e área de contribuição de 59,5 km² (CESAMA, s.d.; Rocha *et al.*, 2023).

Devido a isso, a bacia de contribuição que abastece a represa sempre foi alvo de pesquisas e análises, desde a qualidade da água até os efeitos da ocupação indevida de áreas de preservação permanente em seu entorno (Rocha; Freitas; Silva, 2013; Bucci; Oliveira, 2014; Bucci *et al.*, 2015; Rocha; Pereira, 2016; Rocha; Freitas; Casquin, 2019; Dias, Silva; Lapa, 2023; Rocha *et al.*, 2023). A partir dessas pesquisas, é possível observar que existe uma relação entre o uso e cobertura da terra, nas margens do reservatório e em sua bacia de contribuição, e a qualidade da água que ali se encontra.

O questionamento sobre a importância dada ao uso e cobertura da terra é crucial, especialmente, quando se consideram os impactos ambientais e socioeconômicos envolvidos. Nesse sentido, o Código Florestal Brasileiro, ou a Lei Federal n. 12.651/2012 (Brasil, 2012), desempenha um papel fundamental na proteção dos recursos hídricos, estabelecendo normas, visando a proteção da vegetação, em Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas de Reserva Legal, entre outras (BRASIL, 2012). Também, a Lei Municipal n. 13.672/2018 (Juiz de Fora, 2018), representa um passo significativo por parte do município para proteger um recurso tão vital como um manancial. Essa lei determina a não utilização do manancial e de sua área de contribuição, com fins indevidos, sendo vedadas as práticas de pesca, natação e o uso de embarcações para fins pesqueiros ou esportivos, determinando também que não sejam construídas novas edificações no entorno do manancial e que as existentes, atualizem seus sistemas de esgoto (Juiz de Fora, 2018).

A proteção dos mananciais e a gestão sustentável da terra exigem esforços contínuos e colaborativos para garantir um ambiente saudável e sustentável para todos, considerando que o crescimento urbano pode gerar problemas, como a contaminação dos cursos de água, a intensificação das inundações, a erosão de margens e o riscos de deslizamento e de ocupação de áreas alagáveis (Gutierrez, 2008). Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar como ocorreu a evolução do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa Dr. João Penido (BCRDrJP), entre 2012 e 2022, de modo a refletir sobre os reflexos das mudanças legislativas no local.

METODOLOGIA

Para atingir tal objetivo, o estudo lançou mão de uma metodologia de três etapas, sendo a primeira delas, uma revisão bibliográfica sobre a área de estudo, visando levantar demais produções sobre a área, com o intuito de possibilitar uma melhor compreensão sobre a bacia em outras escalas temporais e com outros métodos e objetos de análise, de modo semelhante ao realizado por Dias, Santos e Lapa (2023).

Como segunda etapa, realizou-se a aquisição de dados, referentes ao uso e cobertura da terra, nos anos de 2012, 2018 e 2022, junto ao projeto MapBiomás. Esses anos foram escolhidos, devido a serem os anos quando, em 2012, houve a última grande alteração no código florestal brasileiro; 2018, quando houve a promulgação da Lei Municipal n. 13.672/2018 (Juiz de Fora, 2018); e, em 2022, como sendo o dado mais recentemente escolhido, mantendo uma distância de dez anos, para a alteração do código florestal, e de seis anos, para a mudança municipal. O projeto MapBiomás foi selecionado, como fonte para os dados do uso e cobertura, devido a ser uma fonte de dados transparente, com método reprodutível e que mantém um padrão de análise para todos os anos selecionados, havendo assim, uma regularidade entre os dados e maior confiabilidade entre eles (Rosa; Shimbo; Azevedo, 2019).

A terceira etapa foi realizada com o intuito de quantificar o uso e cobertura nos anos selecionados e, para isso, foi utilizada a metodologia aplicada por Lapa, Gomes e Rocha (2022) e Oliveira, Langoni e Rocha (2023), a análise das métricas ecológicas da paisagem. Esse método consiste na aplicação de modelos matemáticos sobre os dados matriciais do uso e cobertura, resultando nas mais diversas classes, porém, para o presente trabalho, foram selecionadas as seguintes: Área da Classe; Proporção da Classe; Número de Fragmentos; Área Nuclear.

RESULTADOS

Seguindo as etapas listadas, a pesquisa culminou em três mapas de Uso e Cobertura da Terra (Figura 1), que apresentam as seguintes classes: Formação Florestal (fragmentos de mata nativa e vegetação sem fins comerciais); Silvicultura (florestas comerciais); Pastagem (áreas de pastagem natural, com gramíneas de baixa estatura e sem presença de árvores ou semelhantes, com usos diversos); Agropecuária (junção de áreas de lavoura com áreas de pecuária); Afloramento Rochoso (locais onde o solo, por motivos diversos, se esvaiu, deixando apenas a rocha matriz exposta); Áreas não Vegetadas; Área Urbanizada (residências e infraestrutura urbana nas margens do reservatório); Corpos D'água (o espelho d'água da represa e alguns lagos naturais e artificiais).

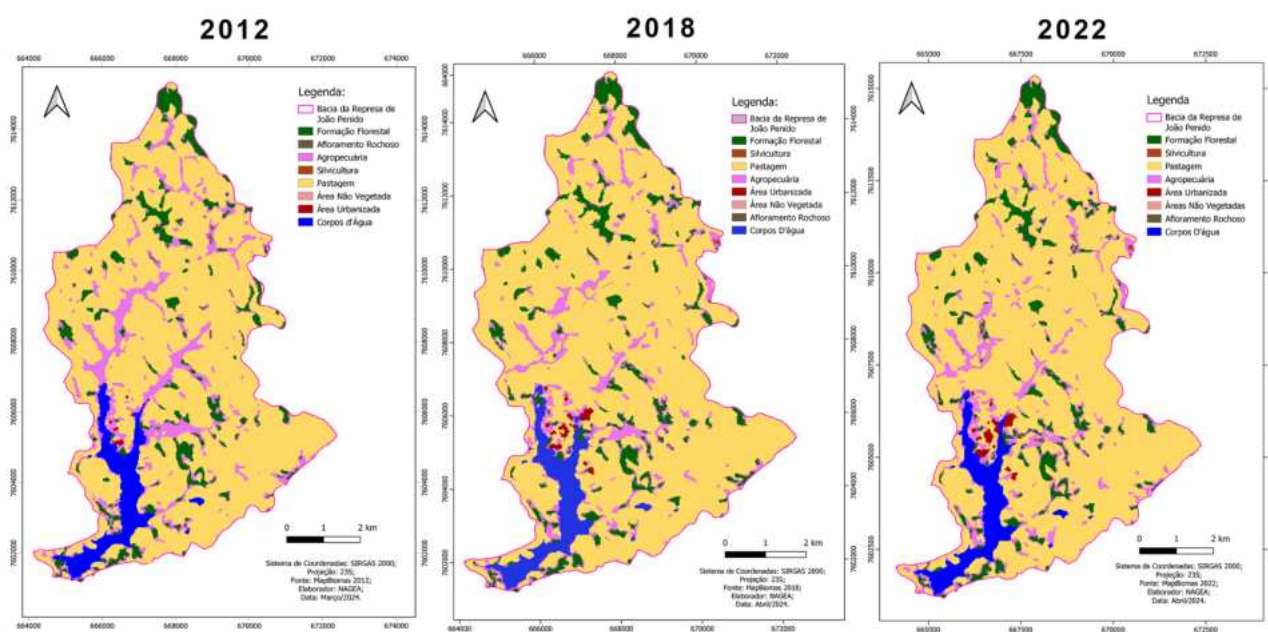


FIGURA 1 - Mapas do Uso e Cobertura da Terra dos anos de 2012, 2018 e 2022, para a BCRDrJP. Elaboração própria.

Com a visualização obtida com os mapas, é possível afirmar sobre: 1º) a predominância da classe Pastagem na área da BCRDrJP; 2º) a alta fragmentação das classes Agropecuária e Formação Florestal; 3º) a concentração de Área Urbanizada nas margens do reservatório, especificamente, na área peninsular da mesma. Interessante notar que é nítida a expansão da classe de Área Urbanizada, sendo muito expressiva no decorrer dos anos, e também a diminuição da classe Agropecuária, que tem seus fragmentos perdendo dimensão no recorte temporal de análise.

Porém, para realizar uma análise mais robusta, a terceira etapa da pesquisa foi necessária com as métricas ecológicas da paisagem e as mesmas foram calculadas para todas as classes de uso e cobertura, encontradas na área (Tabela 1), tendo recebido destaques positivos (grifos na cor verde) e destaques negativos (grifos na cor vermelha). Ambos os tipos de destaque foram definidos com base na relação entre o aumento/diminuição da classe, na relação entre 2012 x 2022, e como representam alterações negativas ou positivas para o ecossistema local, seguindo a lógica proposta por Oliveira, Langoni e Rocha (2023).

TABELA 1 - Métricas Ecológicas da Paisagem para a BCRDrJP.

Ano/ Classe	Área da Classe (km²)			Proporção da Classe (%)			Número de Fragmentos			Área Nuclear (km²)		
	2012	2018	2022	2012	2018	2022	2012	2018	2022	2012	2018	2022
Formação Florestal	4,883	5,251	5,078	7,59%	8,15%	7,90%	115	134	127	1,637	1,529	1,628
Silvicultura	0,010	0,021	0,019	0,02%	0,03%	0,03%	1	1	1	0,000	0,003	0,005
Pastagem	47,639	49,134	48,769	74,08%	76,31%	75,84%	26	22	24	38,453	40,358	39,353
Agropecuária	8,138	6,483	6,394	12,65%	10,07%	9,94%	226	256	250	2,200	1,179	0,952
Área Urbanizada	0,070	0,206	0,392	0,11%	0,32%	0,61%	5	11	12	0,009	0,085	0,131
Área não vegetada	-	0,094	0,132	-	0,15%	0,21%	-	8	7	-	0,000	0,000
Afloramento Rochoso	0,042	0,032	0,130	0,07%	0,05%	0,20%	3	2	6	0,000	0,000	0,014
Corpos d'Água	3,526	3,169	3,394	5,48%	4,92%	5,28%	6	8	7	2,635	2,642	2,495

Destaques positivos (grifos na cor verde) e destaques negativos (grifos na cor vermelha). Elaboração própria.

Dessa forma, considerando o ano de 2012 e a mudança no código florestal (BRASIL, 2012), como sendo o ponto de partida dessa análise, pode-se afirmar que, dentro do município de Juiz de Fora, onde fica localizada a BCRDrJP, houve um aumento da influência antrópica na área do manancial, com o aumento da área de classes como Pastagem com, aproximadamente, 2 mil km² de aumento, no espaço de 6 anos, representando aproximadamente 75% da área, nos três anos avaliados.

A classe de Silvicultura, apesar de ser pouco representativa em proporção, apresentou um aumento de 0,011 km² de área de classe, no intervalo de 2012 a 2018, o que representa, em 2018, o dobro do valor de 2012, porém, em 2022, o valor sofreu uma diminuição de, aproximadamente, 9,5% nessa métrica e se mantém pouco representativo, enquanto proporção.

Já as Áreas Urbanizadas apresentam um aumento expressivo, que pode ser observado visualmente nos mapas, a princípio, e também é evidente nas métricas de forma quantitativa. É importante ressaltar o local onde essa classe se concentra, sendo, em sua maioria, nas proximidades do corpo d'água e área de preservação permanente, marcando 0,136 km² de aumento, considerando 2012 a 2018, e, após 0,186 km² de 2018 a 2022, demonstrando, no total, cerca de 460% de aumento ao longo dos anos analisados. Além disso, surge a classe Área não Vegetada, em 2018, como provável decorrência da permissividade, fornecida pela Lei n. 12.651/2012 (Brasil, 2012), refletida na área de estudo. Para muitos autores, esse Código foi um retrocesso com relação às APP's de topo de morro e hídricas, que perderam áreas consideráveis para a produção rural (Rocha; Freitas; Casquin, 2019).

O crescimento urbano e as atividades antrópicas evidenciam as fontes de carga orgânica na água da represa, uma vez que a região, em geral, utiliza fossa séptica ou despejam seus efluentes diretamente nos corpos hídricos (Rocha; Pereira, 2016; Rocha *et al.*, 2023). Ademais, essa classe, atrelada à sua localização às margens da represa, representam preocupação, já que, se a expansão urbana continuar a essa taxa, será mais difícil manter a qualidade da água para abastecimento e proteger as APPs, que são de grande importância, já que a preservação das áreas de vegetação nativa nas margens dos corpos d'água contribui para manutenção do ciclo hidrológico e diminui os riscos de erosão do solo, contaminação dos rios e assoreamento dos cursos d'água (Crestana *et al.*, 2006).

Em contrapartida, ocorreu o aumento da classe de Formação Florestal, com, aproximadamente, 0,400 km² de aumento, de 2012 a 2018, porém, com maior fragmentação, o que, por mais que pareça algo vantajoso, acaba demonstrando algo não tão bom, do ponto de vista ambiental (Silverio Neto *et al.*, 2015). Isso indica fragmentos menores e mais espaçados, entre si, o que dificulta a existência de populações de fauna de grande porte na área (Silverio Neto *et al.*, 2015, p. 38). É possível perceber as alterações mais significativas nas Figura 2 e 3.

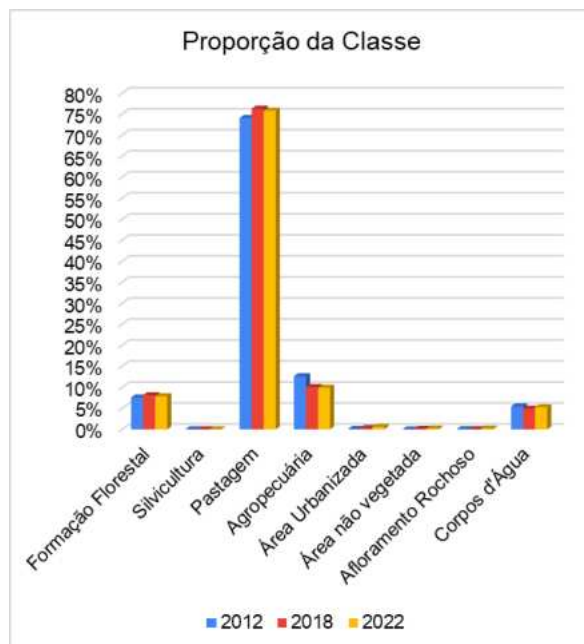


FIGURA 2 - Evolução da Área da Classe e da Proporção de Classe. Elaboração própria.

Assim, chegou-se à conclusão de que, no período de 2012 a 2018, o panorama ambiental foi abalado, porque, mesmo com o aumento bruto da Formação Florestal, houve maior pulverização dos fragmentos, influenciando as relações ecológicas, ali presentes.

Porém, pensando na preservação desse manancial, tão importante para o município, o poder público sancionou a Lei municipal n. 13.672/2018 (Juiz de Fora, 2018), que diz respeito aos usos em áreas de

manancial, proibindo a “utilização dos mananciais do Município para os fins incompatíveis com a sua destinação” (Juiz de Fora, 2018). Partindo dessa legislação, foi observada uma “retomada” ao eixo nas classes presentes na BCRDrJP. Essa retomada vem na forma de um equilíbrio entre os aumentos/diminuições, identificados no intervalo 2012-2018, com, no ano de 2022, a grande maioria das classes atingindo um ponto entre as suas máximas e mínimas, com exceção das classes Agropecuária, Área Urbanizada, Área não Vegetada e Afloramento Rochoso, que mantiveram as tendências antes observadas, com, respectivamente, uma diminuição de, aproximadamente, 0,100 km², comparado a 2018; e aumentos de, aproximadamente, 0,200 km², 0,040 km² e 0,100 km².

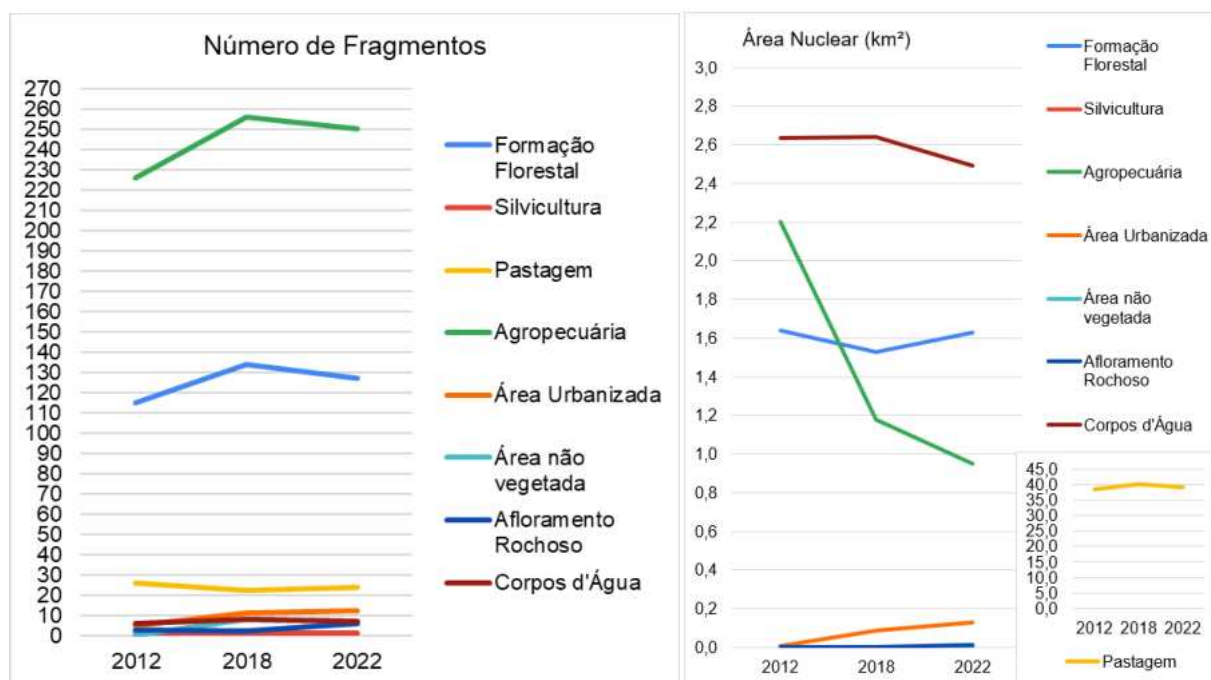


FIGURA 3 - Evolução do Número de Fragmentos e Área Nuclear. Elaboração própria.

Esse panorama se reflete, inclusive, na quantidade de fragmentos por classe, que apresentaram também uma variação, de acordo com a tendência de cada classe. O mesmo vale para a classe de Área Nuclear, uma classe que traz indicações muito importantes, sobre o estágio sucessional dos fragmentos (no caso da vegetação nativa, aqui como Formação Florestal), conectividade dos mesmos e capacidade de abrigar relações entre espécimes animais de maior intensidade (Silverio Neto *et al.*, 2015; Vieira *et al.*, 2024).

Segundo (Rocha, 2023), existe a necessidade iminente de intervenção da gestão pública, em intervir na BCRDrJP, no sentido de buscar a mitigação e a prevenção do agravamento dos impactos ambientais existentes. Em destaque, o fato de que, após o início da operação em 2018, da Rodovia Estadual AMG-3085, que intercepta a BCRDrJP, em seus principais tributários, a pressão antrópica sobre este sistema ambiental tende a aumentar. Ainda em tempo, no restante desta Bacia, o zoneamento poderá regular as ocupações, protegendo as áreas mais sensíveis, que possam prejudicar a qualidade da água bruta da represa.

CONCLUSÕES

Portanto, a alteração do código florestal, pela Lei n. 12.651/2012 (Brasil, 2012), trouxe, como reflexo, uma expansão das áreas de Pastagem e Áreas Urbanizadas, dentro de áreas de contribuição de mananciais e, conseqüentemente, das áreas de preservação permanente.

Por consequência, o município de Juiz de Fora precisou implementar uma legislatura que olhasse para seu manancial com mais cuidado, restringindo assim, o uso da área da BCRDrJP, desde o espelho d'água até o uso e cobertura da terra, da zona de contribuição e reabastecimento da mesma, ação essa, que culminou na Lei municipal n. 13.672/2018 (Juiz de Fora, 2018).

Dessa forma, em 2022, o que se observa é um cenário de estabilidade, onde se nota uma melhora das métricas ecológicas da paisagem, com robustez para os fragmentos de Formação Florestal, que, neste ano, se encontraram menos pulverizados e com Área Nuclear maior, em comparação com 2018, com as outras classes que se relacionam diretamente com esta, pelo registro dos mapas, apresentando áreas nucleares menores, indicando que os fragmentos estão num momento de fragilidade, podendo, a depender do comportamento futuro, sofrer uma fragmentação mais intensa, em decorrência da eventual união dos fragmentos de Formação Florestal;

Devem ser melhor pensadas as alterações/proposições de leis, que possam impactar áreas tão importantes e estratégicas para os municípios, estados e federação, visto que as bruscas mudanças ocorridas nesses “instrumentos” públicos podem trazer transtornos para toda a população, que delas depende.

Assim, o presente trabalho traz luz à necessidade do monitoramento de áreas estratégicas (como no caso dos mananciais de abastecimento público), para que se possa construir medidas a tempo de evitar que eventuais danos cheguem até a população.

Para essa função, as métricas ecológicas da paisagem se mostram importantes, pela capacidade de quantificar as mudanças e fornecer padrões entre as classes da paisagem encontradas, possibilitando assim que se tenha o controle dessas mudanças, em nível detalhado, a depender da resolução dos dados de entrada.

No mais, se faz necessário que as legislações tenham, como foco, a proteção de mananciais e das áreas de preservação permanente, de forma que não sejam passíveis de alterações, que tenham como objetivo flexibilizar os usos e os limites legais de tais áreas, como visto no trabalho de Rocha, Freitas e Casquin (2019), eximindo assim, a população dos erros de planejamento, causados por terceiros, que, em muito dos casos, não possuem a capacidade de gerir os recursos que, infelizmente, têm em mãos.

No caso específico de Juiz de Fora, foram promulgadas legislações seguidas com duração limitada de um ano e que não surtiram o efeito desejado. É necessária a legislação sem prazo de validade, para inibir o mal uso das áreas das represas de abastecimento. E também manter uma fiscalização rotineira, não apenas sobre denúncias, que tem sido o caso em Juiz de Fora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Institui o novo código florestal brasileiro. Brasília, DF: D.O.U, 28 mai. 2012.

BUCCI, M.H.S.; DE OLIVEIRA, L.F.C. Índices de qualidade da água e de estado trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 130-148, 2014.

BUCCI, M.M.H.S.; DELGADO, F.E.F.; SANTOS, D.S.; OLIVEIRA, L.F.C. Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 804-824, 2015.

- CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal). **Mananciais**. Juiz de Fora, MG, [s.d.].
- CRESTENA, M.S.M. (org.). **Florestas-Sistemas de Recuperação com Essências Nativas, Produção de Mudas e Legislações**. 2 ed. (atualizada). Campinas: CATI, 2004. 216p.
- CORREIA, C.M. **Impactos da urbanização em corpos hídricos na cidade de Apucarana-PR**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.
- DIAS, I.M.; SANTOS, A.L.C.; LAPA, D.P. Uso e ocupação na APP da represa Dr. João Penido e seus possíveis efeitos na qualidade da água do reservatório. *In: IV SRHPS - Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*, Campos dos Goytacazes, 11-13 abr. 2023. **Anais...**, ABRHidro, 2023. p. 1-12.
- GUTIÉRREZ, R. A. Governo municipal e gestão de bacia no Brasil. Projeto Marca D'Água. *In: Seminário "Água da Gente"*, São Paulo, 18-20 ago. 2008.
- JUIZ DE FORA (Prefeitura Municipal). **Lei n. 13.672 de 15 de março de 2018**. Proíbe a utilização dos mananciais do Município para os fins incompatíveis com a sua destinação. Juiz de Fora, D.O.M., 15 dez. 1987. (Revogada)
- LAPA, D.P.; GOMES, F.C.M.; ROCHA, C.H.B. A evolução do uso e cobertura do solo no município de Três Rios (RJ): uma singularidade entre a expansão urbana e a ampliação da vegetação arbórea nas últimas duas décadas no município. **Revista GEOgrafias**, v. 18, n. 1, p. 21-39, 2022.
- OLIVEIRA, H.D.; LANGONI, C.M.; ROCHA, C.H.B. Transformações da paisagem e análise do uso e cobertura da terra ao longo de 20 anos no Parque Estadual do Ibitipoca e Zona de Amortecimento, Minas Gerais, Brasil. **Revista Científica ANAP Brasil**, [S.l.], v. 16, n. 40, p. 81-92, 23 dez. 2023. <http://dx.doi.org/10.17271/19843240164020234604>
- OLIVEIRA, M.; ROCHA, C.H.B.; RIBEIRO, C.R.; VASCONCELOS, D.; PINTO, F. ; MARCELINO, G.W.; SOUZA, L.V.; MACHADO, P.J.O. A Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'uvas (BCRCD). *In: ROCHA, C.H.B. (org.). Represas de Abastecimento Público de Juiz de Fora: Mananciais da Vida*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2023.
- ROCHA, C.H.B.; FREITAS, F.A.; CASQUIN, A.P. Conflitos de uso da terra nas APPs hídricas de manancial da Zona da Mata mineira, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, [S.l.], v. 39, p. 1-22, 16 abr. 2019.
- ROCHA, C.H.B.; FREITAS, F.A.; SILVA, T.M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p.431-436, 2014.
- ROCHA, C.H.B.; PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente & Água**, v. 11 n. 1, jan. / mar. 2016.
- ROCHA, C.H.B.; RIBEIRO, C.R.; OLIVEIRA, M.; MACHADO, P.J.O.; SILVEIRA, F.J.; ALMEIDA, K.C.; DUARTE, R.L.; LAPA, D.P.; OLIVEIRA, H.C. Riscos aos Mananciais de Abastecimento Público de Juiz de Fora - MG - Brasil. *In: XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 25., 2023, Aracaju. **Anais...**, Aracaju: ABRhidro - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2023. p. 1-10.
- ROCHA, C.H.B.; SILVA, T.M.; OLIVEIRA, M.; CASQUIN, A.P.; ALMEIDA, I.C.; MACHADO, M.M.M. A Bacia de Contribuição da Represa Dr. João Penido (BCRJP). *In: ROCHA, C. H. B. (org.). Represas de abastecimento público de Juiz de Fora: mananciais da vida*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2023.
- ROSA, M.; SHIMBO, J.Z.; AZEVEDO, T. MapBiomias - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. *In: VII Simpósio de Restauração Ecológica*, São Paulo, 2019. **Anais...**, São Paulo: Instituto de Botânica - São Paulo, 2019. p. 95-100.
- SILVÉRIO NETO, R.; BENTO, M.C.; MENEZES, S.J.M.C.; ALMEIDA, F. Caracterização da Cobertura Florestal de Unidades de Conservação da Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 32-41, mar. 2015.
- VIEIRA, C.T.G.; LAPA, D.P.; OLIVEIRA, H.C.; OLIVEIRA, H.D. Uso e ocupação da terra no pontal do Paranapanema: uma reflexão sobre os corredores ecológicos a partir da análise da fragmentação florestal. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 14, n. 1, 2024.

CAPÍTULO 96

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E ÁREAS PROTEGIDAS NA FLORESTA DO PIRAQUARA, PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA, RIO DE JANEIRO/RJ

Bárbara Costa Lima¹
Diego Douglas Monsores Andrade²

1. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Escola Nacional de Botânica Tropical. Rua Pacheco Leão, 2040. Jardim Botânico. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 22460-036. babitabiologia@yahoo.com.br.
2. Universidade Estácio de Sá. Estrada do Mendanha, 555. Campo Grande. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 23087-284. eng.monsores@gmail.com.

RESUMO

O Parque Estadual da Pedra Branca é uma unidade de conservação estadual, que abrange 12.396 hectares, parcialmente, em 17 bairros do Rio de Janeiro, nos trechos acima da cota de 100 m do Maciço da Pedra Branca. É considerado o maior parque urbano do mundo e vem sofrendo forte pressão das ações antrópicas. Este estudo objetivou realizar uma análise multitemporal de uso e cobertura da terra, no período de 1985-2022, na Floresta do Piraquara, situada na Serra do Barata. Foram utilizadas as bases de dados do(a) INEA, FBDS e MapBiomias, sendo as classes aglutinadas em: persistência de uso; ganho (regeneração); perda (desmatamento) e antrópico. Os resultados apontam a persistência de Formação Florestal (211 hectares), Pastagem (106 hectares) e Mosaico de usos (53 hectares); ganho/regeneração (24,7 hectares); perda/desmatamento (2,5 hectares) e uso antrópico (81,3 hectares). Considerando os dados do módulo Desmatamento e Regeneração, foram quantificados 245,90 hectares de vegetação com influência antrópica, 206 hectares de vegetação que não sofreu desmatamento; e somente 21,45 hectares de vegetação regenerante. Considerando as Áreas de Preservação Permanente, foram identificados 191,86 hectares, com maior abrangência de Topo de Morro e cursos d'água, sendo cerca de 47% desta última, desprovida de cobertura florestal. Sugere-se que a gestão avalie as áreas desmatadas ou desprovidas de vegetação florestal e priorize recursos voltados à conservação e/ou restauração ecológica.

Palavras-chave: Floresta do Piraquara; geoinformação; unidade de conservação; desmatamento; áreas protegidas.

ABSTRACT

The Pedra Branca State Park is a state Conservation Unit that covers 12.396 hectares, partially in 17 neighborhoods of Rio de Janeiro, in the stretches above the 100m elevation of the Pedra Branca Massif. It is considered the largest urban park in the world and has been under strong pressure from human activities. This study aimed to carry out a multitemporal analysis of land use and cover in the period 1985-2022, in the Piraquara Forest located in Serra do Barata. The INEA, FBDS and MapBiomias databases were used, with the classes grouped into: persistence of use; gain (regeneration); loss (deforestation) and anthropogenic. The results indicate the persistence of Forestry Formation (211 hectares), Pasture (106 hectares) and Mosaic of uses (53 hectares); gain/regeneration of 24,7 hectares; loss/deforestation of 2.5 hectares and 81,3 hectares of anthropogenic use. Considering data from the Deforestation and Regeneration module, 245,90 hectares of vegetation with human influence were quantified, 206 hectares of vegetation that did not suffer deforestation; and only 21,45 hectares of regenerating vegetation. Considering the Permanent Preservation Areas, 191,86 hectares were identified, with greater coverage of Topo de Morro and watercourses, with around 47% of the latter devoid of forest cover. It is suggested that management evaluate deforested areas or areas devoid of forest vegetation and prioritize resources aimed at conservation and/or ecological restoration.

Keywords: Piraquara Forest; geoinformation; conservation unit; deforestation; protected areas.

INTRODUÇÃO

O Maciço da Pedra Branca, em conjunto ao Maciço da Tijuca, cuja relevância não se dá apenas pela beleza cênica e biodiversidade que possuem, mas também, pela contribuição ao abastecimento hídrico, manutenção dos mananciais, bem como ao equilíbrio climático e ambiental (INEA, 2013).

Segundo Oliveira (2005), a ocupação do referido maciço teve início no final do século XVI, sendo a região, atualmente, conhecida como Jacarepaguá, responsável por abrigar comunidades que tinham sua economia pautada na pesca, na coleta de moluscos e caça nas encostas. Suas florestas apresentam uma importância histórica para a cidade, pois foram, por meio delas, que saíram as mudas utilizadas nos processos de restauração florestal do Maciço da Tijuca, a partir de 1861, na tentativa de amenizar a crise hídrica, após os períodos de devastação, com a extração do Pau-brasil e com os sucessivos ciclos econômicos da cana-de-açúcar e do café (Costa, 2002).

Em 1974, através da Lei Estadual n. 2.377, foi criado o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), uma unidade de conservação (UC) de Proteção Integral, com 12.396,38 hectares, o qual contempla os trechos acima da cota planialtimétrica de 100 m, representando cerca de 70% do referido maciço. Está inserido parcialmente em 17 bairros da Zona Oeste, sendo considerado o maior parque urbano do mundo (INEA, 2013).

Embora, dentre os objetivos de criação de UC desta categoria, estejam a conservação dos remanescentes florestais e a preservação dos mananciais hídricos, ameaçados pela expansão urbana, de forma a garantir a manutenção dos seus serviços ecossistêmicos, uma vez que o PEPB vem sofrendo forte pressão das ações antrópicas. Nesse contexto, faz-se necessário realizar o monitoramento das mudanças sofridas no uso e cobertura da terra dessas áreas protegidas e, portanto, as geotecnologias atuam como ferramentas fundamentais que possibilitam identificar e/ou prever as tendências de expansão de áreas desmatadas e regeneradas, seja por ações naturais ou por intervenções com plantio de mudas, garantindo a proteção da biodiversidade.

Este estudo teve, como objetivo, realizar uma análise multitemporal de uso e cobertura da terra, no trecho do PEPB, conhecido como Floresta do Piraquara, situado na localidade conhecida como Serra do Barata, no período de 1985-2022. Foram também avaliadas as áreas protegidas existentes na região, conforme preconiza a legislação ambiental vigente.

METODOLOGIA

O Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) está inserido parcialmente em 17 bairros da Zona Oeste, no município do Rio de Janeiro, situado entre as coordenadas geográficas 22°53'5", latitude Sul; 43°34'36", longitude Oeste – 23°4'21" latitude Sul ; 43°22'46" longitude Oeste (Figura 1). De acordo com o zoneamento ambiental, definido pelo Plano de Manejo da UC, uma área equivalente a 10.360,08 hectares (83,5%) está enquadrada como Zona de Conservação e 2.036,30 hectares (16,4%), como Zona de Preservação.

A área de estudo escolhida para esta pesquisa está localizada na Serra do Barata, região inserida na vertente norte do núcleo Piraquara do PEPB, que abrange uma área com cerca de 480 hectares na Zona de Conservação da UC.

Para subsidiar a primeira fase das análises geoespaciais, em ambiente SIG, foram adquiridos os seguintes arquivos *shapefiles*: perímetro e zoneamento ambiental do PEPB, Áreas de Preservação Permanente (APP) de Topo de Morro e Declividade no Portal GEOINEA, do Instituto Estadual do Ambiente; e a delimitação de APP hídricas (cursos d'água e nascentes) com o uso do solo para o município do Rio de Janeiro na base de dados da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS (2024), cujo mapeamento do uso e cobertura do solo foi realizado, por meio da classificação supervisionada de imagens RapidEye e ano base 2013. Posteriormente, no sistema de informação geográfica (SIG) QGIS 3.28.13, foi realizado o recorte para a área de estudo.

Antes de iniciar o processamento, foi realizada uma análise crítica, quanto à qualidade dos dados, seguida de correção topológica dos arquivos objetos de estudo. Nesta etapa, foram aplicadas as seguintes ferramentas: “Verificar a validade”, “v.clean”, para a correção de lacunas ou fendas; e “Corrigir geometrias”. Para validação, foi utilizado o *plugin* Verificador de Topologia.



FIGURA 1 - Localização do Parque Estadual da Pedra Branca. Fonte: INEA (2013).

Na sequência, iniciou-se uma análise multitemporal das mudanças no uso e cobertura da terra, no recorte de estudo, a partir dos dados disponibilizados pelo Projeto MapBiomias. Trata-se de uma iniciativa do Observatório do Clima, desenvolvida por uma rede colaborativa, formada por universidades, ONG e *startups* de tecnologia, cujo propósito, é revelar as transformações do território brasileiro, por meio da Ciência, com precisão, agilidade e qualidade, e tornar acessível o conhecimento sobre a cobertura e o uso da terra, para buscar a conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais, como forma de combate às mudanças climáticas. Os dados foram gerados, por meio do processamento com classificadores automatizados, desenvolvidos e operados, através da plataforma *Google Earth Engine*, para produzir o mapeamento anual da cobertura e uso da terra, a superfície de água e cicatrizes de fogo, mensalmente, para o Brasil, a partir de 1985 (MapBiomias, 2024).

Foram utilizadas as imagens (formato *raster*) da transição referente ao período 1985-2022, e de uso e cobertura da terra para o ano de 2022, cuja resolução espacial é de 30 m (30x30), tendo melhor aplicação, em escalas de até 1:100.000. Após a importação do arquivo *shapefile* da área de estudo na plataforma do *Google Earth Engine*, foi obtida a imagem (extensão GeoTIFF) exportada via *Google drive*. Posteriormente, em ambiente SIG, utilizando o SIG QGIS 3.28.13, foram identificadas as classes de uso e cobertura da terra, geradas pelos classificadores (Figura 2), por meio da interpretação dos Códigos de Legenda para a Coleção 8, disponibilizados no portal Web do MapBiomias, em que, os dois primeiros dígitos correspondem à classe no primeiro ano (1985) e os dois últimos, à classe do último ano (2022) (<https://brasil.mapbiomas.org/codigos-de-legenda/>).

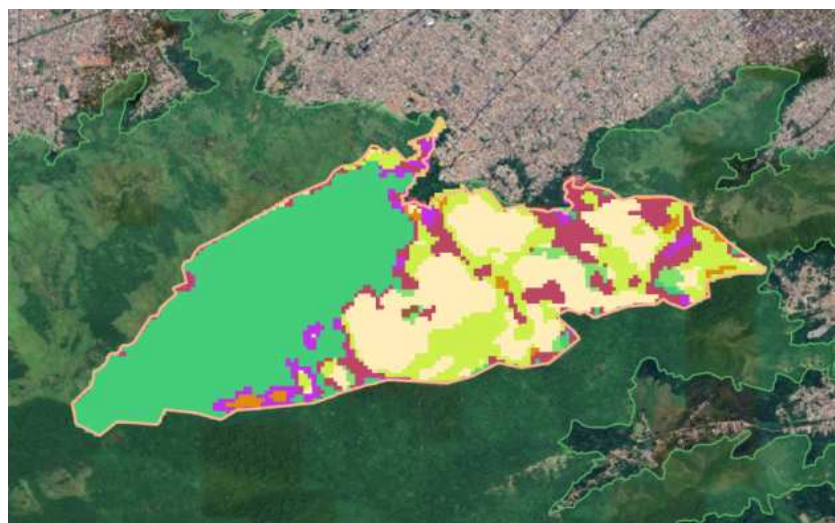


FIGURA 2 - Aquisição da imagem (*raster*), referente à transição para o período 1985-2022.
Fonte: MapBiomias (2024).

Para possibilitar a quantificação das mudanças e auxiliar o processo de análise, procedeu-se à vetorização da imagem e, a seguir, as classes da transição foram agregadas em quatro grupos: ganho (regeneração); perda (desmatamento); persistência de uso (não houve mudança) e antrópico.

Também foi feita análise da imagem disponibilizada no módulo “Desmatamento e Regeneração”, no qual, a mosaicagem recebeu ajustes, a partir de 1988, considerando as transições, em anos consecutivos, no período anterior a 2000 (ajusta 1985-1999), as dos anos consecutivos no período posterior a 2000 (ajusta 2001-2018) e o mapa do ano 2000, com base nos mapas ajustados de 1999 e 2001. Neste método, é feita uma categorização diferenciada da supressão de floresta/vegetação natural, ou não florestal, com base nos eventos de desmatamento para o período 1985-2022, gerando a distinção de vegetação primária e secundária, ao considerar a recuperação de área antrópica para vegetação secundária, além da classificação de áreas antrópicas, associadas à permanência em alguma classe de Uso Antrópico, desde o ano-base, ou trajetórias com evento de supressão de vegetação primária ou evento de vegetação secundária em anos anteriores. (MapBiomias, 2024).

RESULTADOS

As quantificações das mudanças, obtidas na imagem da transição do período de 1985-2022 (Figura 3), demonstraram a persistência das classes Formação Florestal (211 hectares ou 44%), Pastagem (106 hectares ou 22%) e Mosaico de usos (53 hectares ou 11%); o ganho (regeneração natural) de 24,7 hectares (5,15%); a perda (desmatamento) de 2,5 hectares (0,51%) e 81,38 hectares (17%) de uso antrópico.

Para o ano de 2022, a imagem do satélite Landsat identificou as seguintes classes de uso e cobertura da terra (Figura 4): Formação Florestal (235 hectares ou 49%), Mosaico de Usos (131 hectares ou 27,4%), Pastagem (112 hectares ou 23,4%) e Afloramento rochoso (0,66 hectares ou 0,14%).

Considerando a imagem do satélite Landsat, para o módulo Desmatamento e Regeneração, cuja mosaicagem recebeu ajustes, a partir de 1988, no período da transição entre 1985-2022, foram quantificados 245,90 hectares (51,38%), associados ao uso antrópico, 206,00 hectares (43,04%) de vegetação primária, ou seja, vegetação nativa, que não sofreu evento de desmatamento; e, somente, 21,45 hectares (4,48%) de vegetação secundária, a qual caracteriza a condição de regeneração natural na série temporal (Figura 5).

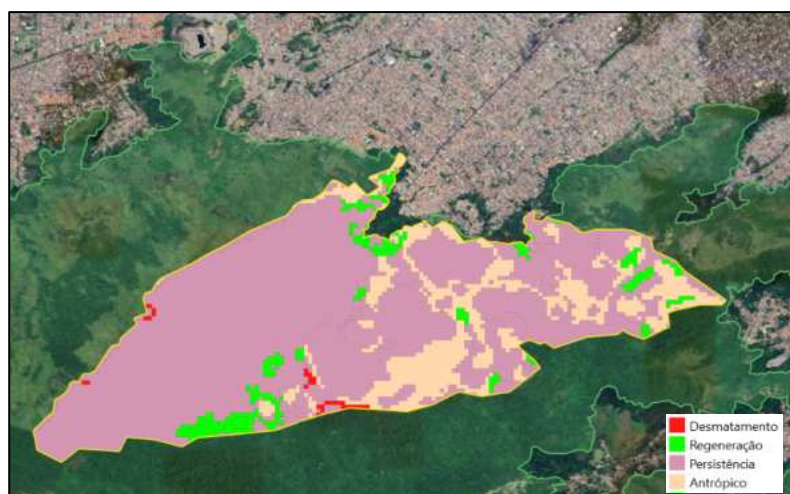


FIGURA 3 - Espacialização da dinâmica agregada em quatro grupos para a transição do período 1985-2022. Elaboração própria.

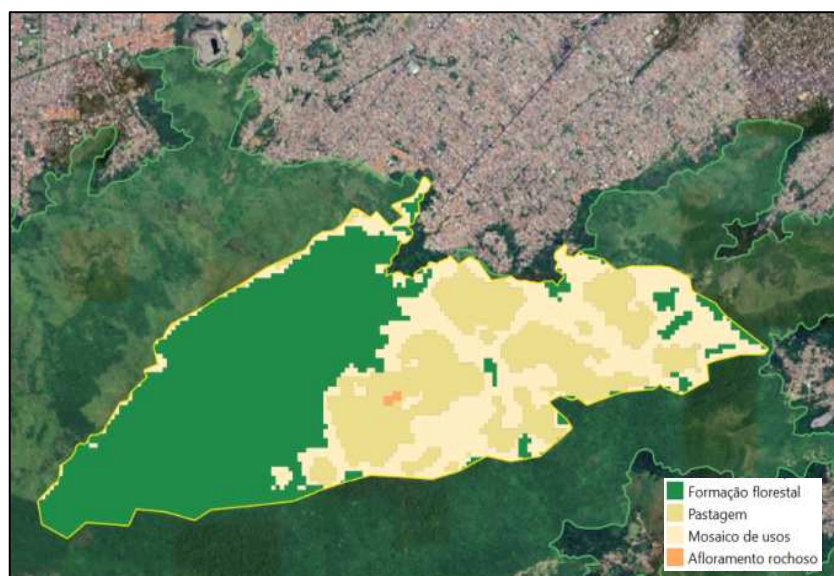


FIGURA 4 - Espacialização das classes de uso e cobertura da terra no ano de 2022. Elaboração própria.

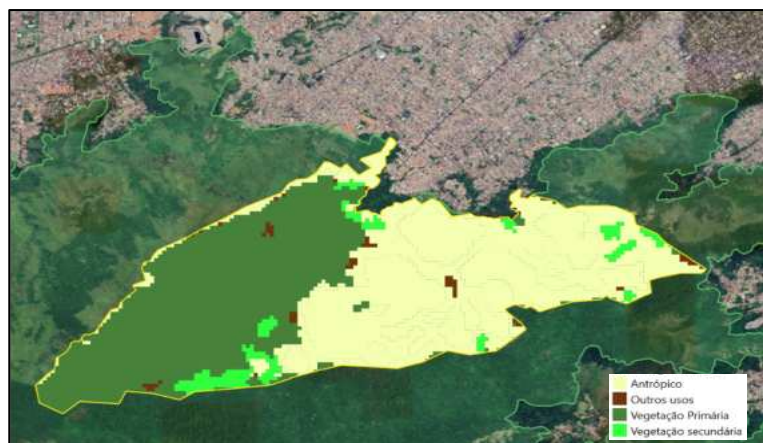


FIGURA 5 - Espacialização das classes de acordo com eventos de desmatamento para a transição 1985-2022, evidenciando a predominância de mudanças associadas ao uso antrópico. Elaboração própria.

No contexto das Áreas de Preservação Permanente (APP), considerando Topo de Morro, Declividade e Hídricas (cursos d'água e nascentes), foi identificada uma área correspondente a 191,86 hectares, na área de estudo total, sendo quantificado individualmente, conforme apresentado na Tabela 1. Ao analisar os dados das APP hídricas associadas ao uso do solo (Figura 6), embora observada a predominância em trechos providos de vegetação florestal, porém, um trecho significativo destas áreas protegidas tem área antropizada, expressando um passivo ambiental, face a legislação vigente.

TABELA 1 - Quantitativos das áreas de preservação permanente da área de estudo.

Descrição da Área de Preservação Permanente	Área (hectares)
Hídricas (nascentes e cursos d'água) com uso antrópico	42,11
Hídricas (nascentes e cursos d'água) com uso em formação florestal	47,22
Topo de Morro	100,75
Declividade	1,78
TOTAL	191,86

Elaboração própria, adaptado de FBDS (2024); INEA (2024).

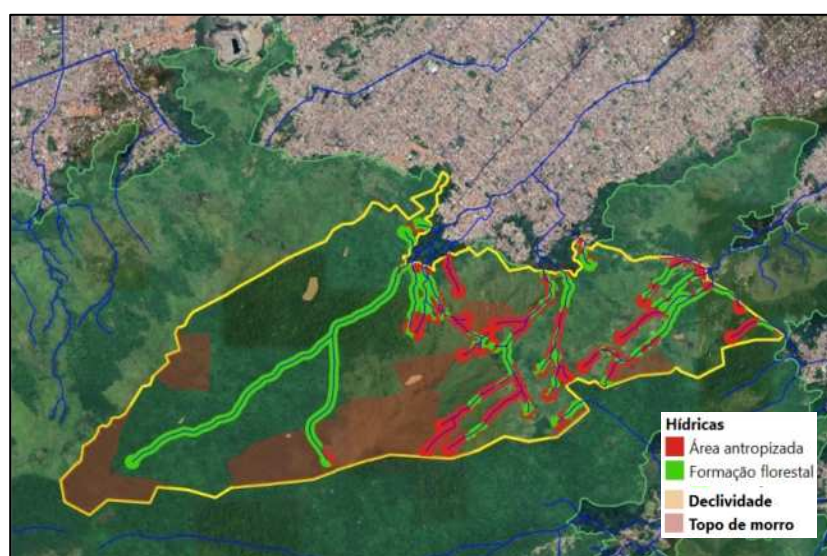


FIGURA 6 - Espacialização das Áreas de Preservação Permanente na área de estudo.

Elaboração própria, adaptado de FBDS (2024); INEA (2024).

CONCLUSÕES

Apesar das quantificações apontarem como predominantes, a matriz florestal e baixa incidência de desmatamento, há um trecho relevante de área antrópica, associada principalmente à classe Mosaico de Usos, mesmo em trechos com inserção em Áreas de Preservação Permanente. Embora ocorram ações voluntárias de restauração na vertente norte, nos últimos anos, uma área significativa contemplada por Áreas de Preservação Permanente hídricas (cursos d'água e nascentes) está desprovida de vegetação nativa, ainda que inserido na Zona de Conservação, conforme Plano de Manejo do Parque Estadual da Pedra Branca. Por se tratar de um estudo preliminar no Núcleo Piraquara, sugere-se que a gestão avalie a abrangência das áreas desmatadas e priorize recursos, voltados à conservação e/ou esforços de restauração ecológica. Também deverá ser considerada uma análise com imagens mais detalhadas, além de incluir nas análises outros parâmetros de aspectos físicos locais, tais como, a orientação e a forma das vertentes, a insolação e a geomorfologia, pois, possivelmente, contribuem fortemente para o baixo potencial de resiliência da área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, N.M.C. **Análise do Parque Estadual da Pedra Branca (RJ) por Geoprocessamento:** uma contribuição ao seu Plano de Manejo. 2002. Tese (Doutorado). UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

FBDS (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável). **Banco de dados geoespaciais.**
https://geo.fbds.org.br/RJ/RIO_DE_JANEIRO/APP/

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Trilhas:** Parque Estadual da Pedra Branca. Rio de Janeiro: INEA, 2013. 366p.

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Portal GEOINEA. Áreas Protegidas** - Metadados e Downloads.
<https://geoportal.inea.rj.gov.br/portal/apps/experiencebuilder/experience/>

OLIVEIRA, R.R. Introdução: os cenários da paisagem. *In:* OLIVEIRA, R.R. (org.). **As marcas do Homem na floresta:** História ambiental de um trecho urbano de Mata Atlântica. Rio de Janeiro, Ed. PUC-Rio, p. 23-33. 2005.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil
<https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>

CAPÍTULO 97

ANÁLISE TEMPORAL DA PAISAGEM NA BACIA DO CÓRREGO IGREJINHA EM JUIZ DE FORA-MG, COM O USO DO MAPBIOMAS

Isabel Patricia Martins Baêta Guimarães¹

Diogo Parreira Lapa²

Francisco Carlos Moreira Gomes³

1. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Departamento de Geociências. Campus Universitário. Trindade. Florianópolis. SC. CEP: 88040-900. isabel.pmbg@posgrad.ufsc.br.

2. Universidade Juiz de Fora - UFJF. Departamento de Geociências. Rua José Lourenço Kelmer, s/n. Martelos. Juiz de Fora. MG. CEP: 36036-900. diogo.parreira@ich.ufjf.br.

3. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. franciscocarlosmoreiragomes@gmail.com.

RESUMO

O estudo examina o potencial das Métricas Ecológicas da Paisagem, inicialmente, desenvolvidas para análise de fragmentos florestais, agora aplicáveis à paisagem como um todo. Utilizando dados do projeto MapBiomias, analisa-se a Bacia do córrego Igrejinha, em Juiz de Fora - MG, nos anos 2002, 2012 e 2022, em resposta ao novo Código Florestal brasileiro. O crescimento urbano substitui áreas de pastagem por urbanização e áreas não vegetadas, enquanto corpos hídricos aumentam, devido à construção de barragens. A aplicação das métricas revela mudanças significativas na paisagem, ao longo do tempo, com destaque para a fragmentação da classe "Formação Florestal" e o aumento das áreas não vegetadas e urbanas. Esses resultados ressaltam a importância do monitoramento contínuo e da implementação de políticas de conservação, a fim de mitigar os impactos ambientais. O estudo contribui para ampliar a compreensão sobre gestão ambiental e monitoramento, de forma mais abrangente e detalhada.

Palavras-chave: evolução temporal; uso e cobertura da terra; paisagem.

ABSTRACT

The study examines the potential of Landscape Ecological Metrics, initially developed for forest fragment analysis, now applicable to the entire landscape. Using data from the MapBiomias project, the study analyzes the Igrejinha stream basin in Juiz de Fora - MG, in the years 2002, 2012, and 2022, in response to Brazil's 2012 Environmental Code. Urban growth replaces pasture areas with urbanization and non-vegetated areas, while water bodies increase due to dam construction. The application of metrics reveals significant landscape changes over time, notably the fragmentation of the "Forest Formation" class and the expansion of non-vegetated and urban areas. These findings underscore the importance of continuous monitoring and the implementation of conservation policies to mitigate environmental impacts. The study contributes to a broader and more detailed understanding of environmental management and monitoring.

Keywords: temporal evolution; land use and land cover; landscape.

INTRODUÇÃO

A geografia é o ramo do conhecimento, que vai buscar compreender como os processos se dão, de acordo com as características que apresentam na paisagem (Moreira, 2023). Porém, para entender a paisagem, é necessário compreender que ela é multifacetada, com características antro-po-naturais, culturais e socioeconômicos (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2004). Tais recortes se mesclam e se sobrepõem em áreas complexas, compostas por uma gama de classes distintas, que acabam por denotar processos ocorridos em unidades de análise das paisagens.

Dentre as modificações antrópicas feitas pelo homem na paisagem, o uso e cobertura do solo são as mais marcantes. Para Goudie (2017), muito tem se focado nos impactos ambientais no meio urbano, mas as grandes transformações no meio rural, como o desmatamento e a monocultura, tem a capacidade de afetar os microclimas locais, níveis tróficos da biota local, fluxo hidrológico etc. Porém, mensurar os impactos das modificações do uso e cobertura na paisagem é algo complexo e mais fácil de ser dito, do que feito. E nesse contexto, quando se observa o elemento da paisagem, denominado bacia hidrográfica, se torna ainda mais delicado de compor essa análise, pois se tratam de áreas complexas, com *inputs* e *outputs* de matéria e energia bem delimitados (Christofoletti, 1999), mas que, frente à ação antrópica, acabam perdendo esse padrão, se tornando ainda mais complexas que em origem.

Nesse sentido, ao olhar para o município de Juiz de Fora (MG), a Bacia Hidrográfica do córrego Igrejinha (BHCI) aparece como sendo uma dessas bacias, em estado complexo, para além de sua dinâmica natural, possui a presença de atividades mineradoras em sua área, que divide espaço ainda com atividades de agropecuária e silvicultura, que já existem na região há décadas. A BHCI então, se caracteriza por sua diversidade de usos, configurações geomorfológicas e espaçadas ocupações urbanas e estruturas rurais, que, atualmente, são somadas às atividades de exploração mineral, em seus aproximados 40km² (Guimarães, 2023). Sob um clima Tropical de Altitude Cwa (Sá Júnior *et al.*, 2011), a utilização da bacia é intervalada entre pequenos vales, morros e morrotes, como é típico do Tropical Atlântico (Ab'Saber, 2003).

Destarte, surgem as métricas ecológicas da paisagem, como uma forma de compreender a paisagem, que, embora tenham sido criadas, em um primeiro momento, exclusivamente, para a análise de fragmentos florestais; atualmente, demonstram certa potencialidade para a análise da paisagem, como um todo (Lapa, 2022). Logo, este estudo vai discutir um dos aspectos da paisagem, marcado pela composição do uso e cobertura, a partir da concepção das métricas ecológicas na Bacia do córrego Igrejinha, em Juiz de Fora (MG).

METODOLOGIA

O processo metodológico adotado partiu da utilização de dados do projeto MapBiomias, mais especificamente, os dados de uso e cobertura. Como destacado por Rosa, Shimbo e Azevedo (2017), o MapBiomias traz confiabilidade e oferece a padronização dos dados de uso e cobertura, para a análise ambiental, possibilitando que a mesma área possa ser revisitada, mantendo a homogeneidade dos dados e da metodologia para a geração dos mapas de uso e cobertura.

Dessa forma, foram selecionados os dados de uso e cobertura dos anos 2002, 2012 e 2022, devido a corresponderem a períodos anterior e posterior ao novo código florestal brasileiro, a Lei Federal n. 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Essa marca foi selecionada, devido às importantes alterações que a legislação adota com a implementação do novo código, desde a diminuição dos tamanhos obrigatórios de áreas de preservação ambiental, até as exigências de vegetação em área urbana (Rocha; Freitas e Casquin, 2019). Com os dados de uso e cobertura, foi executada a análise das métricas ecológicas de paisagem, em ambiente SIG, do mesmo modo como feito por Lapa, Gomes e Rocha (2022) e Lapa, Guimarães e Nunes (2022). Dentre as diversas análises de métricas que poderiam ser aplicadas, foram destacadas para esse estudo, a análise da Área da Classe, da Proporção da Classe e o Número de Fragmentos. Essas classes podem ser definidas assim (Lapa; Gomes; Rocha, 2022):

- **Área da Classe** - dialoga com a área total do elemento presente na cobertura da terra, a soma absoluta de todos os fragmentos da classe encontrados;
- **Proporção da Classe** - representa a porcentagem que a classe ocupa na totalidade da área analisada, também correspondendo ao somatório de todos os fragmentos encontrados para as classes;
- **Número de Fragmentos** - por sua vez, é uma métrica que vai demonstrar o quão fragmentada a classe se encontra, informando o número absoluto de fragmentos observados para determinada classe, dentro da área de estudo, sendo também indicador ecológico, pois, conforme dito por Silvério Neto *et al.* (2015), quanto maior o número de fragmentos, menores e mais suscetíveis a impactos, as classes serão, como um todo.

Após o tratamento dos dados e a aplicação das métricas, os resultados foram compilados, em forma de tabela e analisados, de forma a possibilitar uma melhor compreensão, acerca da evolução das classes da paisagem na área.

RESULTADOS

Observando os mapas de uso e cobertura da área, foram encontradas oito classes de uso e cobertura no total, sendo que seis destas classes, tiveram presença constante, nos anos analisados (Figura 1).

- Formação Florestal - Área de remanescentes e fragmentos florestais nativos e/ou característicos;
- Pastagem - Vegetação rasteira, voltada para alimentação de ruminantes;
- Mosaico de Usos - Um misto de áreas de pastagem e áreas agrícolas, sendo seu uso flexionando entre agricultura e pecuária;
- Área Urbanizada - Referente a toda área com influência antrópica direta;
- Área não Vegetada - São áreas as quais sofreram de terraplanagem, desmatamento ou eventos extremos, podendo ou não terem influência antrópica;
- Corpos Hídricos - Todos os rios, lagos e corpos d'água encontrados na área da bacia;
- Agricultura - Áreas com formação de plantações variadas de pequeno e grande porte; e
- Silvicultura - Árvores plantadas com finalidade comercial.

Assim, no ano de 2002, estavam presentes na área, as classes de Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Usos, Área Urbanizada, Área não Vegetada, Corpos Hídricos e Silvicultura. Assim, percebe-se que ocorria uma predominância da classe de Pastagem na área da bacia, com alta fragmentação dos Mosaicos de Formação florestal. Havia ainda, a presença de uma pequena Área Urbanizada, próximo à jusante do córrego Igrejinha.

A composição da paisagem na área sofreu uma modificação considerável no ano de 2012, pois mesmo que a predominância da Pastagem tenha se mantido de forma geral, ocorreu um crescimento, ao mesmo tempo, que surge uma intensificação da fragmentação de formações florestais. Essa fragmentação observada demonstra o uso da bacia durante o ano da promulgação do novo código florestal.

Assim, no panorama “pós-novo código florestal”, o mapa de uso da bacia do ano de 2022, destaca a presença mais densa da área urbanizada para o interior da área da BHCI. Assim, de forma geral, permaneceu a predominância da Pastagem, apenas com redistribuição no espaço. Porém, já foram observados uma expansão urbana, que adentra pela foz do Córrego Igrejinha.

Outra modificação observada após a aprovação do novo código florestal na área, é o acréscimo dos fragmentos florestais cercado por áreas de Mosaico de Usos, na parte baixa e central da bacia, enquanto que a área de formação florestal, foi reduzida. Esses fatores, em conjunto, têm a capacidade de potencializar o efeito de borda nesses fragmentos restantes (Silvério Neto *et al.*, 2015), prejudicando a qualidade ambiental e ecológica desses refúgios.

Para além da análise visual dos mapas de uso e cobertura, a Tabela 1 traz os valores obtidos por cada uma das métricas, de forma comparativa, entre os anos analisados na BHCI. À primeira vista, os dados atestam a análise qualitativa, que foi realizada, com base na observação dos mapas, destacando maior fragmentação, no ano de 2012, e uma predominância, no período, da classe de Pastagem sobre todas as outras na bacia.

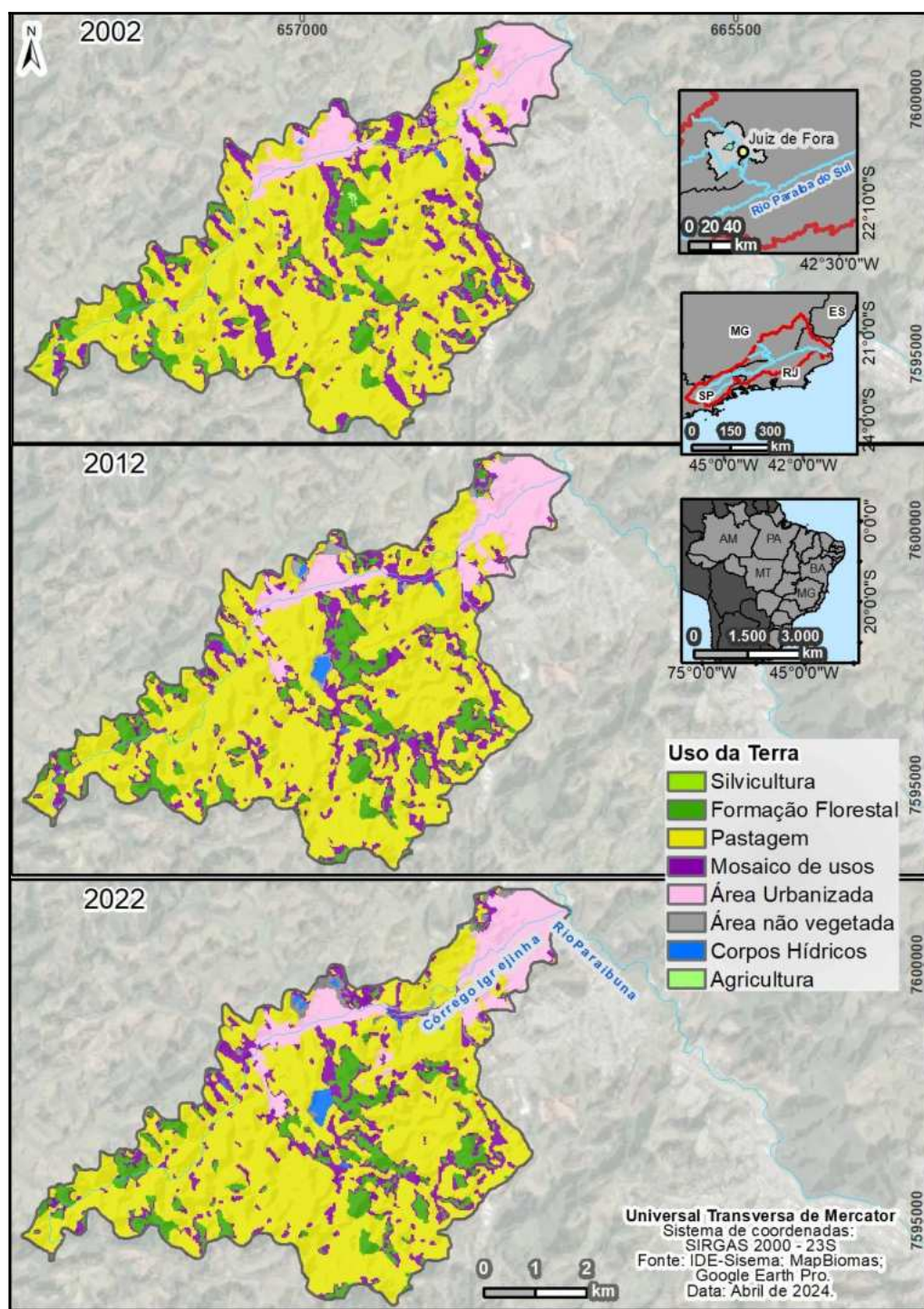


FIGURA 1 - Mapa contendo a espacialização do Uso e Cobertura da Terra para a BHCI nos anos de 2002, 2012 e 2022. Elaboração própria.

TABELA 1 - Métricas ecológicas da paisagem para a BHCI.

	Tipos de métricas analisadas								
	Área da Classe (Km²)			Proporção da Classe (%)			Número de Fragmentos		
Ano	2002	2012	2022	2002	2012	2022	2002	2012	2022
Classe									
Formação Florestal	4,39	5,29	4,94	9,33	11,24	10,51	70	86	82
Pastagem	30,28	29,51	29,77	64,39	62,76	63,30	36	33	28
Mosaico de Usos	6,99	6,74	6,07	14,87	14,33	12,90	209	224	217
Área Urbanizada	5,03	4,67	5,11	10,69	9,93	10,87	5	6	8
Área não Vegetada	0,20	0,51	0,72	0,42	1,09	1,52	15	17	25
Corpos Hídricos	0,11	0,30	0,42	0,23	0,64	0,90	9	13	10
Agricultura	0,04	-	-	0,08	-	-	1	-	-
Silvicultura	-	0,01	-	-	0,03	-	-	1	-

Elaboração própria.

De igual modo, percebe-se que, ao final dos vinte anos compreendidos na análise, apenas as classes de Pastagem e Mosaico de Usos apresentaram decréscimo real total, entre 2002 e 2022 (mesmo que, para Pastagem, tenha ocorrido um leve crescimento, entre 2012 e 2022). Boa parte das alterações observadas nas classes, foram devido a terem sofrido alterações, para passarem a compor áreas urbanizadas e áreas não vegetadas. Alterações essas, principalmente, localizadas na área a jusante do córrego, como pode ser observado nos mapas. Essa mudança é um reflexo do crescimento urbano no município, que começa a tocar, de forma mais intensa, a BHCI.

A classe “Corpos Hídricos” apresentou significativo aumento, desde o ano de 2002; em grande parte, entende-se que tal crescimento se deve à construção de açudes e barragens, seja para consumo doméstico, de pequenas empresas e comércios, seja para grandes empreendimentos. A barragem da Nexa Resources, por exemplo, representa um grande fragmento hídrico, a partir de seu preenchimento, entre 2011 e 2013. Enquanto que sua construção, entre 2005 e 2011, fazia parte da classe “Mosaico de Usos” e de parte da “Área não Vegetada”.

As “Áreas não Vegetadas”, por sua vez, são apresentadas majoritariamente como terrenos de degradação (Peloggia, 2018), com superfícies de escavação em áreas mineradas, terraplanagem em loteamentos e cicatrizes de movimentos de massa ou erosão laminar. A partir de 2021, grande parte da planície do córrego Igrejinha, caracterizada, sobretudo, pela presença de brejos de planície (Guimarães, 2023), apresentando grande crescimento da classe de “Área não Vegetada”. Percebe-se que houve o aterro dos brejos preexistentes, para a criação de áreas para a realização de atividades comerciais ou imobiliárias, sugerindo uma tendência de supressão também do córrego principal da bacia.

O aumento das classes de “área não urbanizada” e “área não vegetada” deve-se à tendência de expansão dos núcleos urbanos da cidade, que, com a maior flexibilidade ofertada pelo novo código florestal, facilitou que áreas, antes destinadas a pastagens e usos diversos, fossem substituídas por infraestruturas, tanto públicas quanto privadas. Entende-se que, se tratando de uma área de urbanização específica (SEPLAG/SSPLAT, 2018), o processo de crescimento da área urbanizada na BHCI é esperado como uma tendência dada sob um padrão que rege os meios urbanos.

O recorte espacial não se situa na zona de abrangência das políticas de diretrizes especiais (ADEs) de cunho ambiental, elaboradas pela prefeitura do município. Assim, as classes de uso que exigem maior cuidado, não se encontram sob incentivos de conservação do poder público local, ligada a uma política territorial urbana específica.

De fato, a classe de “Formação Florestal” apresenta uma certa variação, mesmo após a vigência do Novo Código Florestal – Lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012). E, ao final do ciclo (2002-2022), pode-se dizer que os fragmentos de formação florestal tiveram seu maior crescimento em 2012, seguido por uma redução em 2022. Porém, é importante levar em conta a ocorrência de uma ampliação da fragmentação da classe, que passou de 70 para 82 fragmentos.

Esse comportamento indica que, por mais que a classe tenha experimentado uma ampliação de maior área total em 2012, seus fragmentos tinham uma área média de aproximadamente 0,061 km². E aqueles fragmentos maiores, apresentavam menor conexão entre os demais. Assim, do ponto de vista ecológico, esse é um indicativo negativo, pois, quanto maiores os fragmentos e mais conectados eles estão em uma área, maior as interações entre as espécies e sua proteção contra as pressões externas (Silvério Neto *et al.*, 2015). Assim, mesmo com menos área total em 2022, os fragmentos encontrados são mais adequados de um ponto de vista ecossistêmico, uma vez que os fragmentos estão em menor número, mas, relativamente, maiores.

Porém, para todos os três anos analisados, se observa um panorama ainda sensível, no tocante à preservação ambiental da BHCI, devido ao fato que, da maioria dos fragmentos registrados, uma pequena parcela se encontra alinhada à margem do Córrego Igrejinha ou de seus afluentes. Não havendo assim, o auxílio de interconexões, que, nas áreas de preservação permanente, poderiam auxiliar nas trocas ecológicas locais (Silvério Neto *et al.*, 2015).

Da mesma forma, a classe “Mosaico de Usos” se mostra particularmente proeminente às margens do córrego Igrejinha, em áreas úmidas e nos arredores de cursos d’água em geral, em função da grande mistura de *pixels* de cores e texturas distintas. Tal mistura é derivada, ainda, do crescimento das classes “área não urbanizada” e “área não vegetada”, que se mesclam e se alternam em meio a áreas naturais ou de pouca modificação prévia.

CONCLUSÕES

A insuficiência da disposição de Fragmentos Florestais e da formação de “faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias” (BRASIL, 2012) do Novo Código Florestal, é evidenciado ao longo da área estudada: a grande fragmentação da classe supracitada, desde 2012, pode vir a denotar falta de fiscalização ambiental e/ou falta de interesse por parte do poder público, quanto às áreas que requerem maiores cuidados para preservação ou conservação, pois, como já afirmado, muitos pequenos fragmentos não são tão interessantes, a nível ecossistêmico.

Em se tratando de uma área da cidade, que está em constante modificação, recebendo novas infraestruturas, por meio do setor privado, seria interessante sua introdução no rol de ADEs do município, visto que, no panorama, foi observada uma pouca conectividade entre os fragmentos florestais, baixa proteção nas margens dos corpos d’água e uma urbanização intensa no trecho inferior da bacia. Fatores que devem ser intensificados nos próximos anos, devido ao processo de expansão urbana e especulação imobiliária.

Nesse contexto, pode-se dizer que a aplicação das métricas da paisagem se mostra como um grande auxílio para o estudo e a percepção da evolução temporal de recortes espaciais de maneira rápida, eficaz e de baixo custo. Percebe-se, ainda, a possibilidade de uso do *plugin*, para o monitoramento de áreas degradadas e da perda de corredores ecológicos e de florestas, de forma facilitada e ágil, ao ser aplicado, de maneira integrada, com os dados da plataforma MapBiomas.

De maneira geral, o estudo apresentou resultados que demonstram que houve um impacto no uso da terra e na distribuição dos fragmentos florestais nos últimos vinte anos, e por meio das métricas da paisagem e dos mapas de uso e cobertura, foi possível compreender e quantificar quanto realmente foi alterado, e quais tendências de uso da terra se fizeram presentes na transição entre as décadas e as legislações.

Assim, se conclui que a junção dos métodos aqui trabalhados contribui para o melhor entendimento e para o enriquecimento da discussão sobre o monitoramento, e sobre a temática ambiental de forma mais ampla, cabendo replicações do método em outras escalas para validar a interesalaridade do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. v. 1. Cotia: Ateliê Editorial, 2003
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o novo código florestal brasileiro. Brasília, DF: D.O.U., 28 mai. 2012.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.
- GOUDIE, A.S. The integration of Human and Physical Geography revisited Pt-Br. **The Canadian Geographer / Le Géographe canadien**, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 19–27, 2017.
- GUIMARÃES, I.P.M.B. **Áreas úmidas no domínio dos mares de morros: aspectos hidrogeomorfológicos e morfoestruturais**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2023.
- LAPA, D.P. Proposições metodológicas preliminares a respeito das métricas ecológicas da paisagem: um estudo sobre a versatilidade no âmbito do monitoramento e planejamento ambiental. In: IX Seminário Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFJF, 28 nov. - 01 dez. 2022, Juiz de Fora. **Anais...**, 2022. v. 1. p. 196-201.
- LAPA, D.P.; GOMES, F.C.M.; ROCHA, C.H.B. A evolução do uso e cobertura do solo no município de Três Rios (RJ): uma singularidade entre a expansão urbana e a ampliação da vegetação arbórea nas últimas duas décadas no município. **Revista GEOgrafias**, v. 18, n. 1, p. 21-39, 2022.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. US Department of Agriculture, Forest Service, 1995. 122p. (General Technical Report)
- MOREIRA, R. A geografia e o desafio teórico-técnico do nosso tempo. In: SILVA, C.A. da; LEITE, E.F. (org.). **Cartografia & Geotecnologias: conceitos e aplicações**. 1. ed. Porto Alegre: Total Books, 2023. <https://totalbooks.com.br/cartografia-geotecnologias>
- PELOGGIA, A.U.G. Classificação e mapeamento geológico de terrenos Tecnogênicos (artificiais): uma análise comparativa. **Revista do Instituto Geológico**, v. 39, n.2, 2018.
- ROCHA, C.H.B.; FREITAS, F.A.; CASQUIN, A.P. Conflitos de uso da terra nas APPs hídricas de manancial da Zona da Mata mineira, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, [S.l.], v. 39, p. 1-22, 16 abr. 2019.

- RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Editora UFC, 2004.
- ROSA, M.; SHIMBO, J.Z.; AZEVEDO, T. MapBiomas - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. *In*: VII Simpósio de Restauração Ecológica, São Paulo, Instituto de Botânica de São Paulo, 06-11 nov. 2017. **Anais...**, São Paulo, 2017. p. 95-100.
- SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L.G.; SILVA, F.F.; ALVES, M.C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2011.
- SEPLAG/SSPLAT. Prefeitura de Juiz de Fora. **Áreas de diretrizes especiais**. Juiz de Fora: Prefeitura Municipal Juiz de Fora, 2018.
- SILVÉRIO NETO, R.; BENTO, M.C.; MENEZES, S.J.M.C.; ALMEIDA, F. Caracterização da Cobertura Florestal de Unidades de Conservação da Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, [S./], v. 22, n. 1, p. 32-41, mar. 2015.

CAPÍTULO 98

DETECÇÃO DE SUPRESSÃO DE FLORESTA AMAZÔNICA PELO AVANÇO DE MINERAÇÃO AURÍFERA NAS MARGENS DO RIO PEIXOTO DE AZEVEDO COM AUXÍLIO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Andreza de Souza Dias¹

Edwin Vicente Carrillo Varon¹

Anna Carolina Santos Vieira de Oliveira¹

Rafael Silva de Barros¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. andrezasdias@ufrj.br; edwin.carrillo@ufrj.br; annacarol03@gmail.com; rafael.barros@igeo.ufrj.br.

RESUMO

O presente estudo aborda a relação entre a mineração de ouro e o desmatamento nas proximidades do rio Peixoto de Azevedo, Brasil, destacando o impacto ambiental (e socioeconômico) da atividade garimpeira. A metodologia do trabalho baseou-se na utilização das imagens dos satélites Landsat 5 e 8, com auxílio do algoritmo Random Forest, no Google Earth Engine, para analisar as mudanças por meio de mapas de cobertura e uso da terra, entre os anos de 1985 e 2023, assim como dados do IBGE e do MapBiomas, a fim de realizar a validação do mapeamento. Os resultados revelaram um aumento significativo na mineração e agropastagem, com uma redução de 66% na floresta amazônica, indicando uma correlação direta entre a expansão da mineração e das atividades agropastoris com o desmatamento. Conclui-se que a utilização de imagens Landsat com aplicação do algoritmo Random Forest apresentam bom desempenho em mapeamentos de áreas de mineração. Além disso, é necessário enfatizar a importância do mapeamento preciso, a fim de entender e mitigar os impactos ambientais da mineração aurífera, e a necessidade de políticas públicas para promover o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: cobertura e uso da terra; Landsat; Random Forest.

ABSTRACT

The present study addresses the relationship between gold mining and deforestation near the Peixoto de Azevedo river, Brazil, highlighting the economic and environmental impact of the mining activity. The methodology of the work was based on the use of Landsat 5 and 8 satellite images, with the aid of the Random Forest algorithm in Google Earth Engine to analyze changes through land use and cover maps between the years 1985 and 2023, as well as data from IBGE and Map Biomas to validate the mapping. The results revealed a significant increase in mining and agropasture, with a 66% reduction in the Amazon forest, indicating a direct correlation between the expansion of mining and agropastoral activities with deforestation. It is concluded that the use of Landsat images with the application of the Random Forest algorithm performs well in mapping mining areas. In addition, it is necessary to emphasize the importance of accurate mapping to understand and mitigate the environmental impacts of gold mining, and the need for public policies to promote sustainable development.

Keywords: land cover; Landsat; Random Forest.

INTRODUÇÃO

O município de Peixoto de Azevedo teve a sua formação territorial e o seu desenvolvimento econômico estreitamente associados à exploração mineral aurífera, alcançando reconhecimento, em âmbito nacional, durante as décadas de 1980 e 1990. O processo de extração de ouro na região

desempenhou um papel fundamental no estímulo à economia local e nacional, uma vez que a atividade garimpeira contribuiu de forma significativa para o Produto Interno Bruto (PIB) do país nesse período, o que auxiliou também no surgimento das regiões garimpeiras de Guarantã do Norte, Matupá, Terra Nova, Colíder e Alta Floresta, que foram originadas dos garimpos nos rios Peixoto de Azevedo e Teles Pires (Rocha, 2015; Farias, 2019).

Com o acesso proporcionado pela BR-163 (Cuiabá-MT/Santarém-PA) até Peixoto de Azevedo, houve uma notável facilitação no deslocamento por via terrestre, fomentando o aumento significativo do fluxo migratório e impulsionando o crescimento da atividade garimpeira na região (Miranda, 1997; Azevedo, 2002). É relevante ressaltar que essa atividade foi marcada por um início e desenvolvimento desorganizados, acarretando uma série de problemas socioambientais para essa localidade (Souza *et al.*, 2008).

Frente a isso, a formação territorial da região de Peixoto de Azevedo e seus municípios vizinhos implicou na supressão de boa parte da vegetação que cobria a região, além de desencadear diversos impactos ambientais, associados às atividades de mineração, promovendo uma modificação completa da paisagem local (Farias, 2019).

Desse modo, através do uso de ferramentas de análise e quantificação, podemos identificar padrões de mudança nessas paisagens e, ao mesmo tempo, avaliar a conservação das áreas naturais, visando reduzir os impactos negativos gerados por atividades de extração mineral e supressões florestais. Logo, têm-se o propósito de facilitar uma gestão adequada desses espaços, com foco na preservação dos elementos que compõem essa paisagem, posto que, a aplicação de métodos quantitativos para analisar as alterações na paisagem permite comparar de forma automatizada (ou parcialmente automatizada) essas transformações, causadas pela atividade humana. Por conseguinte, as tecnologias propostas têm o potencial de representar essas mudanças de forma eficaz, ampliando a compreensão sobre esses processos.

METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, sensores TM e OLI, respectivamente, referentes aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023. Foram adquiridas as bases cartográficas dos Limites de Municípios do Mato Grosso, Unidades da Federação, Malha Rodoviária, Trechos de Massas d'água e os vetores de Cobertura e Uso da Terra, na escala 1:250.000, elaborados pelo IBGE, entre os anos de 2012 e 2015, com censos dos anos de 2013 e 2014. Já na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), foram coletados os limites das Regiões Hidrográficas, Limites da Amazônia Legal e os Limites Internacionais. Além disso, também foram adquiridos os produtos de Cobertura e Uso da Terra - Coleção 7 do MapBiomas, para o ano de 2015.





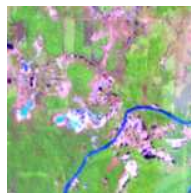
Foi utilizada a plataforma Google Earth Engine, com a aplicação do algoritmo Random Forest, para elaborar classificações supervisionadas. Foram utilizadas imagens do sensor TM do satélite Landsat 5, para os mapeamentos referentes aos anos de 1985, 1995 e 2005. Para os anos de 2015 e 2023, o sensor OLI, do satélite Landsat 8 foi o selecionado. A coleção utilizada para ambos os satélites foi a USGS Landsat 5 e 8 Level 2, Collection 2, Tier 1.

Para a amostragem, foram coletados de 30 a 40 polígonos das classes Corpos Hídricos, Agropasto, Floresta e Área Construída, enquanto que, para a Mineração, foram coletados aproximadamente 400 pontos, espalhados pela área de estudo. Como as áreas de mineração apresentam tamanhos muito pequenos e tonalidades diversas, foi necessário fazer a coleta, por meio de pontos, para abranger a maior variedade de amostras possíveis.

Realizadas todas as etapas de pré-processamento da imagem, foram gerados produtos secundários, que colaboraram para a robustez do mapeamento. Um dos produtos gerados foi o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que por definição, segundo Myneni *et al.* (1997), é um

índice baseado nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, que permite estimar a quantidade de clorofila e da absorção de energia das folhas. Logo, foi necessário utilizar esse índice, uma vez que a área de estudo se localiza majoritariamente no bioma Amazônico, o que torna a resposta espectral das áreas florestadas muito marcantes, quando comparadas às áreas de atividades agropastoris. No Quadro 1, estão dispostas as referências visuais para a coleta das amostras.

QUADRO 1 - Demonstração de exemplos de feições escolhidas para a amostragem. Elaboração própria (2023).

Classe	Corpos hídricos	Agropasto	Floresta	Área Construída	Mineração
Referência Visual					

Após esse processo, foi realizada a classificação usando o algoritmo Random Forest e a validação, por meio de pontos aleatórios, com objetivo de gerar o índice Kappa. Essa validação foi realizada, comparando o mapeamento do estudo com o mapeamento de Cobertura e Uso da Terra do IBGE, na escala 1:250.000.

Para compreender a dinâmica de mudança de uma classe para a outra, foi elaborado um Diagrama de Sankey. Para a coleta dos valores utilizados no diagrama, foram tabuladas as áreas, em hectares, obtidas da função Detecção de Alteração, no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS Pro, em cada intervalo dos anos utilizados. Após isso, foi feita uma soma destes valores no *software* Microsoft Excel, a fim de obter o total de área que foi modificada. No diagrama de Sankey, cada direção é representada por uma linha, cuja espessura indica proporcionalmente a classe que ela se tornou. Linhas mais espessas representam maior quantidade de modificação de uma classe para outra, enquanto que as linhas mais finas, representam menor quantidade. Assim, o diagrama tem a capacidade de mostrar como as áreas mudam de uma categoria para outra, ao longo dos anos. Isso faz com que seja possível ver no mapa as áreas relacionadas à transição escolhida, para várias regiões (Antunes, 2019).

RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos com os mapas de cobertura e uso da terra - dados tabulares, gráficos e o diagrama de Sankey, foi possível observar que o desflorestamento e as atividades de mineração tiveram crescimento, ao longo dos anos abrangidos no estudo. A exatidão do mapeamento foi comprovada, por meio do índice Kappa, calculado no próprio Google Earth Engine. Os valores apresentados demonstraram que o acerto foi acima de 80%, nos anos considerados no estudo.

Nesse sentido, ao visualizar a Tabela 1, é possível observar que a classe Floresta reduziu sua ocupação, em 66%, possuindo 224.472 hectares, em 1985, e 76.292 hectares, em 2023. Enquanto que, a classe Agropasto cresceu 347%, contendo 35.923 hectares, em 1985, e 160.813 hectares, em 2023. Já a classe Mineração, cresceu 2.092%, com 1.058 ha, em 1985, e 23.198 ha, em 2023.

TABELA 1 - Área (em ha) das classes entre os anos de 1985 e 2023.

Kappa 1985	0,9
Kappa 1995	0,89
Kappa 2005	0,84
Kappa 2015	0,87
Kappa 2023	0,85

Elaboração própria.

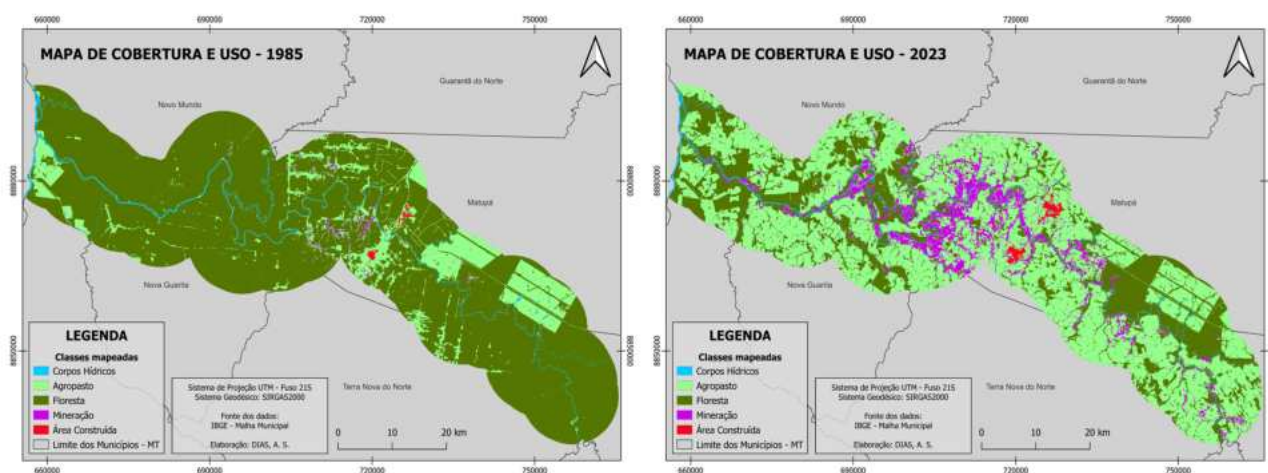
TABELA 2 - Área (em ha) das classes entre os anos de 1985 e 2023.

	1985	1995	2005	2015	2023
Corpos Hídricos	4.408	3.674	3.676	4.031	4.516
Agropasto	35.923	108.538	170.005	166.824	160.813
Floresta	224.472	144.120	80.289	77.453	76.292
Mineração	1.058	8.608	10.968	16.581	23.198
Área Construída	516	1.436	1.434	1.478	1.551

Elaboração própria.

Na Figura 1, é possível observar que grande parte da floresta amazônica deu lugar a atividades agropastoris, enquanto que, nas áreas próximas ao leito do Rio Peixoto de Azevedo, houve um crescimento vertiginoso de áreas voltadas para extração mineral.

Para validar o mapeamento, foram utilizadas informações de Cobertura e Uso da Terra do IBGE (que foi elaborado com cenas dos anos de 2013 e 2014) e a classificação do ano de 2015. A justificativa para utilizar somente o ano de 2015, foi a existência de uma fonte oficial de dados para validar o mapeamento. Após isso, foi feita a geração de pontos aleatórios, em toda a abrangência da área de estudo, sem limitar a extensão da geração de pontos em uma única classe. Foram gerados 500 pontos aleatórios, com o objetivo de elaborar uma matriz de confusão e gerar o Índice Kappa, que, segundo Jensen (2009), é um subproduto da matriz de confusão e facilita na avaliação do classificador. Um dos fatores considerados relevantes é que ele inclui a informação dos *pixels* mal classificados e dos *pixels* bem classificados, assim como, a exatidão global.

**FIGURA 1** - Mapa de Cobertura e Uso da Terra dos anos de 1985 (à esquerda) e 2023 (à direita).

Elaboração própria (2023).

Os pontos foram validados com a base de Cobertura e Uso da Terra do IBGE, na escala 1:250.000. As classes consideradas pelo IBGE na área de estudo foram: Águas Continentais, Pastagens, Culturas Temporárias, Área Florestal, Áreas de Mineração e Áreas Urbanizadas. Ao terminar a verificação com os pontos e as classes mapeadas pelo estudo, em comparação com as classes mapeadas pelo IBGE, obteve-se o Kappa de 0,70, o que significa correspondência de 70% entre o mapeamento do estudo e o elaborado pelo IBGE. Esses resultados podem ser observados na Tab. 3, que contém a quantidade de pontos certos respectivos de cada classe.

Em um panorama geral, todas as classes apresentaram um bom desempenho. Vale chamar a atenção apenas para a confusão entre a Classe Agropasto e a Área Construída. Ela aconteceu principalmente porque o IBGE mapeou toda a área construída como um único polígono, sem considerar a vegetação intra-urbana, ocasionando em uma quantidade maior de *pixels* que tinham vegetação e que acabaram sendo considerados pelo IBGE, como áreas urbanizadas, como um todo. Destaca-se também a confusão entre as classes Mineração e Agropasto, que aconteceram devido aos problemas referentes à escala dos mapeamentos. Como o mapeamento apresentou dados muito mais detalhados que os do IBGE, áreas de pouca extensão de mineração foram desconsideradas pelo IBGE e mapeadas neste estudo. Isso acabou desencadeando que algumas amostras mapeadas como mineração fossem classificadas como áreas de Pastagem pelo IBGE. E as datas dos dois mapeamentos são distintas, o que pode causar algumas discrepâncias, referentes às datas utilizadas e ao que foi, de fato, mapeado.

TABELA 3 - Matriz de confusão.

	Hidrografia	Agropasto	Floresta	Mineração	Área Construída	Soma das Colunas
Hidrografia	70	4	6	1	1	82
Agropasto	0	86	13	9	26	134
Floresta	0	11	77	3	0	91
Mineração	4	29	8	71	2	114
Área Construída	0	1	0	0	78	79
Soma das Linhas	74	131	104	84	107	500

Kappa: 0,70

Exatidão total: 0,76

Elaboração própria.

No Diagrama de Sankey (Figura 2), pode-se observar que, no caso específico da classe mapeada como Floresta, os valores obtidos indicam que 160.817 hectares dessa classe sofreram transformações, entre os anos de 1985 e 2023, resultando na conversão para a classe Agropasto. Além disso, a classe Floresta também converteu-se em áreas de Mineração, totalizando 10.139 hectares de perda de floresta para esta classe. Observa-se, ainda, que 12.558 hectares, originalmente classificados como Agropasto, também se converteram para a classe Mineração, dentro do intervalo temporal considerado. Vale ressaltar que a conversão da classe Mineração para Agropasto, com uma mudança de 1.233 hectares, ocorreu principalmente em áreas de mineração aurífera, cujas reservas atingiram o limite de exploração e se tornaram inativas ao longo dos anos, apresentando uma resposta espectral distinta daquela que a classificava como mineração.

No caso da transição da classe Agropasto para Floresta, que abrange uma área de 23.523 hectares, diversas hipóteses podem ser consideradas para justificar esse número. Inicialmente, a vegetação que foi removida ao longo dos anos pode ter passado por um processo de regeneração nas áreas que não foram utilizadas para outros fins, como atividades agropastoris. Além disso, é possível associar o

aumento dessas mudanças à resposta espectral, observada em recortes específicos da área de estudo. Entretanto, é importante ressaltar que o método utilizado para classificação não considera os alvos como objetos isolados, mas sim, o valor apresentado no *pixel*. Essa abordagem não leva em consideração variáveis como textura, localização do objeto e rugosidade, o que pode resultar em confusões. Por exemplo, uma área de cultivo com uma tonalidade verde escura pode ser erroneamente classificada como vegetação nativa e saudável, porque ambas apresentam a mesma cor, com resposta espectral parecida em casos específicos. Portanto, a validação dessas informações requer a realização de um trabalho de campo presencial nas áreas que apresentam resultados ambíguos. Somente dessa forma, é possível confirmar ou refutar as hipóteses levantadas.

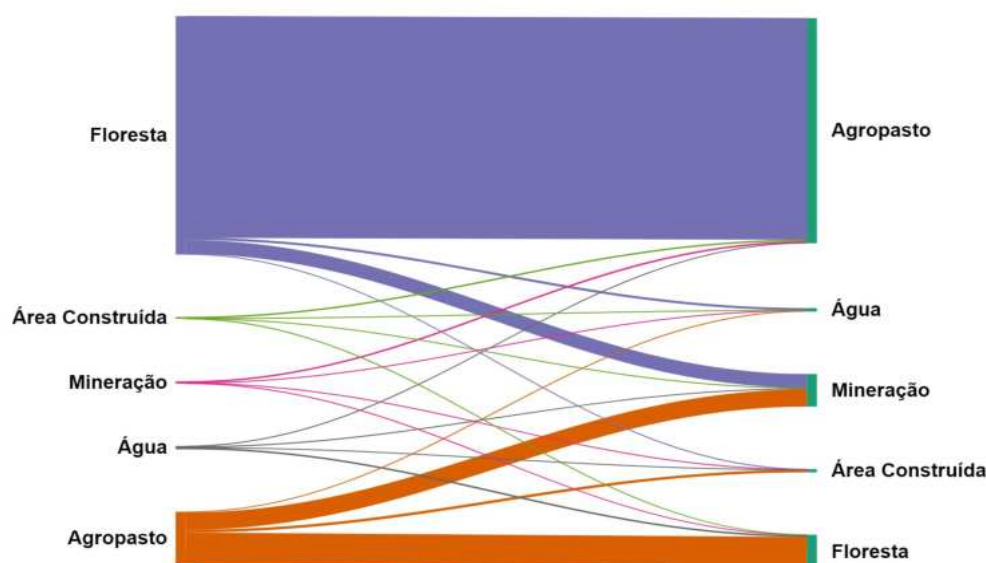


FIGURA 2 - Diagrama de Sankey. Elaboração própria (2023).

CONCLUSÕES

Ao finalizar as análises e as correlações, constatou-se que a diminuição acentuada da ocupação da classe Floresta na área de estudo está diretamente relacionada com o crescimento do uso do solo pelo Agropasto e pela Mineração.

A partir dos resultados obtidos com os mapas de cobertura e uso da terra - dados tabulares, gráficos e o diagrama de Sankey, foi possível observar que o desflorestamento e as atividades de mineração tiveram crescimento, ao longo dos anos abrangidos no estudo.

A ocupação da classe Mineração apresenta uma correlação positiva com a população, conforme evidenciado pelos dados históricos. Nos períodos de crescimento da área de mineração, a população também apresentou crescimento, enquanto que, nos períodos de queda da área minerada, a população também decaiu.

Essas variações podem ser explicadas por fatores históricos, políticos e econômicos, que influenciaram a atividade aurífera no estado do Mato Grosso. Uma análise temporal detalhada permite identificar as causas das reduções e aumentos da ocupação da classe Mineração, em cada ano.

Na fase de validação, identificou-se uma dificuldade para dar continuidade ao trabalho, pois foi percebida a baixa disponibilidade de bases de dados específicas de mapeamento de áreas de mineração. Isso se deve ao fato de que as fontes, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o MapBiomas, não apresentaram detalhamento e assertividade adequados em relação à

relevância desse tema. Dito isso, é importante reiterar que a validação seria mais apropriada se o mapeamento do IBGE fosse mais detalhado e atualizado, posto que a última versão do mapeamento foi realizada com imagens de 2013, e o ano que foi usado para a validação foi de 2015, o que gerou algumas inconsistências nas verificações.

No caso do IBGE, verificou-se a existência de polígonos excessivamente amplos, abrangendo, até mesmo, áreas com vegetação primária, resultando em um mapeamento muito generalizado das áreas de mineração. Já o MapBiomias, embora tenha sido o mapeamento mais próximo do realizado no estudo, também apresentou generalizações em algumas áreas, em todos os anos, ainda que em menor frequência do que o IBGE. Além disso, o mapeamento do MapBiomias considerou toda a área que já foi utilizada para mineração, em um período anterior, como um acúmulo contínuo de atividade mineradora, ao longo do tempo.

Além disso, é possível afirmar que, para realizar mapeamentos de maior qualidade em áreas de exploração aurífera, não é estritamente necessário dispor de imagens de alta resolução, se as áreas foram grandes o suficiente para serem detectadas e identificadas em sensores de média resolução. Os sensores TM e OLI, dos satélites Landsat, demonstraram bom desempenho nesse contexto, especialmente, quando são empregados métodos, como a aplicabilidade de índices espectrais, que facilitam a detecção de diferenças sutis. Um sensor com boa resolução espectral e o uso de índices de vegetação são fatores relevantes nesse processo, ainda que uma maior resolução espacial pudesse contribuir num maior detalhamento. No entanto, ao adotar o método de classificação *pixel a pixel* com o algoritmo Random Forest, surgiram algumas limitações, como a dificuldade de diferenciar áreas de mineração inativa de outras classes.

O método de análise se apresentou adequado, considerando o objetivo do trabalho, que era mapear o avanço de áreas de mineração e o desmatamento de floresta amazônica. Apesar da limitação na resolução espacial do sensor utilizado, esse fato não foi considerado um grande empecilho para dar continuidade no mapeamento, posto que as áreas foram detectadas com êxito. Nesse contexto, vale pontuar que o algoritmo Random Forest também desempenhou bem nesse aspecto, contudo, houve uma grande geração de ruídos e confusões de alguns *pixels*. Para superar isso, é necessário explorar a utilização de outros métodos de classificação, além de imagens com maiores resoluções espaciais, a fim de avaliar uma possível melhora na classificação das áreas de mineração.

Considerando os resultados obtidos, o mapeamento preciso das áreas de exploração aurífera na Amazônia é fundamental para compreender e mitigar os impactos ambientais associados a essa atividade. O desmatamento resultante da mineração de ouro tem efeitos devastadores na biodiversidade, no ciclo hidrológico e no solo. Além disso, a contaminação do solo e da água por agentes químicos representa uma ameaça à saúde humana e à fauna local. O mapeamento detalhado permite identificar áreas críticas para a conservação, implementar estratégias de monitoramento e promover o desenvolvimento sustentável. Portanto, o estudo dessas áreas é essencial para orientar políticas públicas e garantir um futuro equilibrado e saudável para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, A.; DELGADO, C. C. Mineração, meio ambiente e mobilidade populacional: um levantamento nos estados do Centro-Oeste expandido. Anais do XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Ouro Preto, MG, 4-8 nov. 2002. **Anais...**, Ouro Preto, 2002.
- FARIAS, A.B.; ANDRADE, L.N.P.S. Exploração aurífera no município de Peixoto de Azevedo, Mato Grosso, Brasil: uma análise histórica, socioeconômica e ambiental. **Revista Geográfica Venezolana**, v. 61, n. 1, p. 148-162, 2020.
- JENSEN, J.R.; EPIPHANIO, J.C.N. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

- MIRANDA, J. **A produção de ouro no Estado de Mato Grosso**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 1997.
- MYNENI, R.B.; HALL, F.G.; SELLERS, P.J.; MARSHAK, A.L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 33, p. 481-486, 1995.
- ROCHA, L.R.L. **Desmatamento/queimadas e seus efeitos danosos à saúde da população nos municípios de Alta Floresta, Guarantã do Norte, Novo Mundo e Peixoto de Azevedo, na área de influência da BR-163, no estado do Mato Grosso**. 2015. Tese (doutorado)—Universidade de Brasília, Faculdade de Ceilândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia em Saúde, 2015.
- SOUZA, L.C.D. de; CARVALHO, M.C.; CORRÊA, B.S.; SILVA, M.P. Consequências da atividade garimpeira nas margens do rio Peixoto de Azevedo no perímetro urbano do município de Peixoto de Azevedo-MT. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 220-231, 2008.

CAPÍTULO 99

DINÂMICA DA COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA DO RIO JURUMIRIM EM 2001 E 2022, EM ANGRA DOS REIS-RJ

Bruna Andrade dos Santos Lobo¹

Fábia Antunes Zaloti¹

Paulo Márcio Leal de Menezes¹

Manoel do Couto Fernandes¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório de Cartografia (GeoCart). Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. brulobo93@gmail.com; fabia.zaloti@gmail.com; pmenezes@acd.ufrj.br; manoel.fernandes@igeo.ufrj.br.

RESUMO

O município de Angra dos Reis tem experimentado uma expansão urbana desde a sua descoberta, com um aumento significativo após a construção da rodovia Rio-Santos (BR-101) e a instalação das usinas nucleares. Nesse contexto, o presente trabalho visa investigar as alterações na cobertura e uso da terra entre 2001 e 2022 na bacia do rio Jurumirim, em Angra dos Reis. Após a delimitação da bacia hidrográfica e a classificação da cobertura e uso da terra, foram observados aumentos nas classes de área construída de uso misto, mineração, agricultura, infraestrutura de transporte (aeroporto) e Floresta Ombrófila Densa em 290%, 109,09%, 7,21%, 16,67% e 3,09%, respectivamente. Houve reduções nas classes de solo exposto de uso não identificado, vegetação com influência fluviomarinha e campo limpo, com 44,44%, 26,38% e 19,50%, respectivamente. Na área da bacia que abrange o Parque Estadual de Cunhambebe, foram observadas as mesmas tendências de aumento na classe de floresta ombrófila densa e redução na classe de campo limpo. No entanto, foi identificada a presença da classe de área construída de uso misto em 2022. Essas transformações podem acarretar impactos futuros na unidade de conservação.

Palavras-chave: cobertura e uso da terra; bacia hidrográfica; Angra dos Reis.

ABSTRACT

The municipality of Angra dos Reis has been experiencing urban expansion since its discovery, with a significant increase following the construction of the Rio-Santos highway (BR-101) and the installation of nuclear power plants. In this context, the present study aims to investigate changes in land cover and land use between 2001 and 2022 in the Jurumirim river basin in Angra dos Reis. After delineating the hydrographic basin and classifying land cover and land use, there was an increase in the classes of mixed-use built-up area, mining, agriculture, transportation infrastructure (airport), and Tropical Rainforest by 290%, 109.09%, 7.21%, 16.67%, and 3.09%, respectively. There were reductions in classes of exposed soil with unidentified use, vegetation influenced by fluvial-marine influence, and herbaceous rangeland, by 44.44%, 26.38%, and 19.50%, respectively. In the area of the basin encompassing the Cunhambebe State Park, the same trends of an increase in Tropical Rainforest and a reduction in herbaceous rangeland were observed. However, the presence of the mixed-use built-up area class was identified in 2022. These transformations may lead to future impacts on the conservation unit.

Keywords: land cover and land use; hydrographic basin; Angra dos Reis.

INTRODUÇÃO

O município de Angra dos Reis tem passado por uma expansão urbana, desde o seu descobrimento, principalmente, após a implantação da BR-101 (rodovia Rio-Santos) na década de 1970 e a instalação das usinas nucleares Angra I e II, em 1985 e 2001, respectivamente. Outro fator que contribuiu para o aumento das áreas edificadas no município, foi a construção e estabelecimento do estaleiro Verolme e do Colégio Naval, impulsionados pela política desenvolvimentista da época.

Esses empreendimentos, não apenas estimularam o crescimento populacional e comercial da região, como também marcaram o surgimento do setor industrial na economia estadual (Rocha, 2005; Pascoal, 2010). Durante a construção das usinas nucleares, houve uma demanda por trabalhadores de fora de Angra dos Reis, muitos dos quais, não conseguiram se realocar no mercado de trabalho, após o término da obra, resultando em uma demanda por ocupações irregulares, em áreas vulneráveis a deslizamentos no município (Rocha, 2005). A bacia hidrográfica é uma unidade espacial, definida como uma área drenada por uma rede de cursos fluviais interligados e é um recorte espacial utilizado em pesquisas do meio físico. Ela é uma unidade que auxilia no planejamento territorial e ambiental (Rodrigues; Adami, 2011). Mapear a cobertura e o uso da terra é essencial para identificar as atividades humanas, fornecendo um subsídio fundamental para a gestão territorial e ambiental. As bacias hidrográficas não se limitam apenas às áreas de escoamento de água; na verdade, são aspectos geomorfológicos de considerável influência para a compreensão do ambiente sócio-biofísico e a evolução do relevo (Sombra, 2018). Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a cobertura e o uso da terra, entre 2001 e 2022, na bacia do rio Jurumirim, em Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

A área de estudo compreendeu a bacia hidrográfica do rio Jurumirim, abrangendo uma área de aproximadamente 68 km² e que inclui uma porção do Parque Estadual Cunhambebe, como pode ser apreciado na Figura 1.

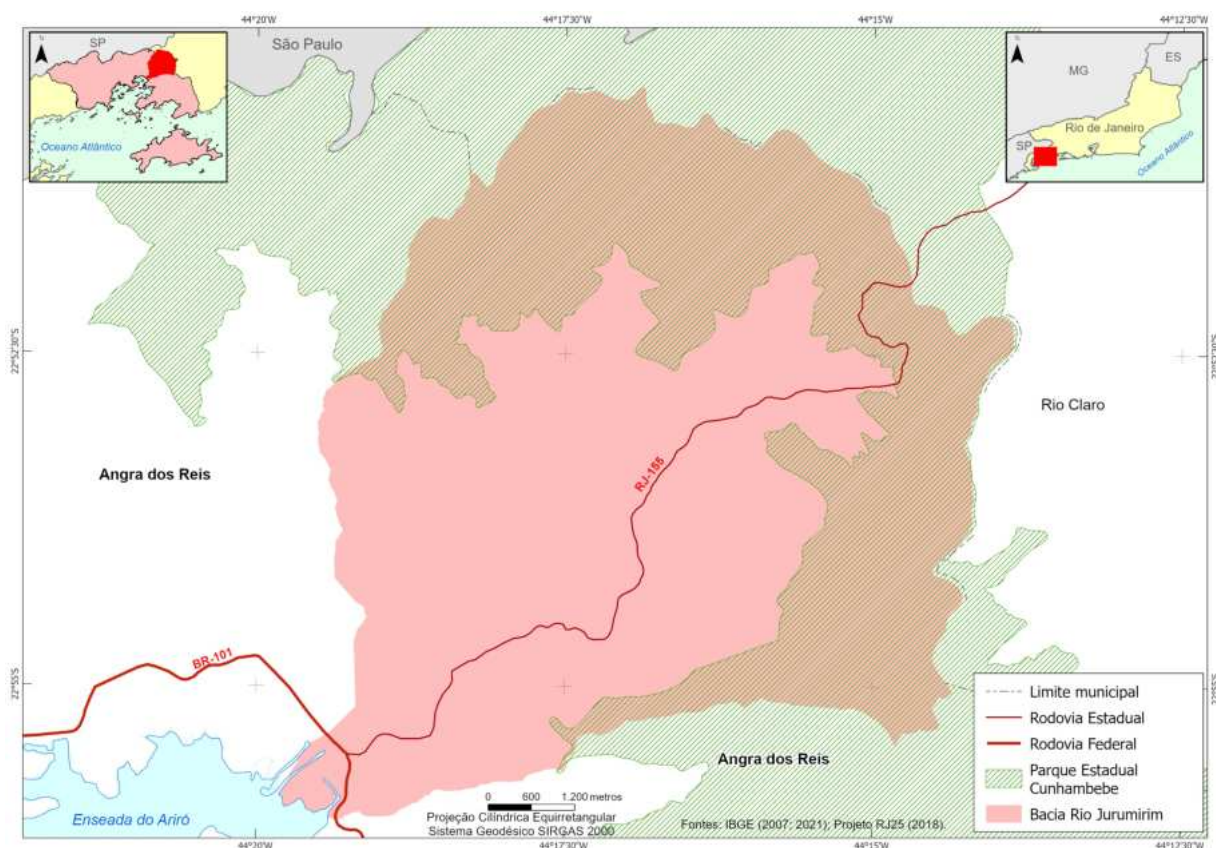


FIGURA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jurumirim, em Angra dos Reis, Rio de Janeiro.

Fonte: IBGE (2007; 2021); INEA (2018; 2022).

Para a análise da cobertura e uso da terra na bacia do rio Jurumirim, foi necessária a delimitação da bacia, uma vez que não encontramos uma delimitação oficial disponível. A bacia foi delineada com base nas curvas de nível e no trecho de drenagem da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, produzida pelo IBGE e pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, por meio da Secretaria de Estado do Ambiente – SEA-RJ, em 2018. A metodologia utilizada baseou-se na geração do modelo *Triangulated Irregular Network* (TIN) e do Modelo Digital de Elevação (MDE), a partir das curvas de nível. Em seguida, realizou-se o processo de remoção dos *pixels* que comprometem a continuidade do fluxo de água no MDE. Posteriormente, elaborou-se a direção preferencial do fluxo na superfície, direcionando o fluxo, *pixel* por *pixel*, em uma das oito direções possíveis, em relação aos *pixels* vizinhos. Por fim, foi gerada a delimitação automática da bacia, que passou por pequenos ajustes, a fim de remover inconsistências nas áreas planas (Nicolette *et al.*, 2015; Lobo; Zaloti; Menezes, 2024). O processamento digital de imagens foi aplicado para gerar o mapeamento da cobertura e uso da terra para os anos de 2001 e 2022, na escala 1:100.000, na projeção Universal Transversa de Mercator, Fuso 23, e sistema de referência SIRGAS2000. As imagens de satélite utilizadas foram do sensor Landsat ETM+ 7 e Landsat OLI 9, fornecidas pelo *United States Geological Survey*, ortorretificadas, e no formato GEOTIFF. A escolha das datas das imagens foi realizada, de maneira a reduzir possíveis diferenças entre os alvos mapeados, optando pelo inverno, mesma estação do ano, conforme apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Satélites, datas e bandas das imagens usadas no mapeamento da cobertura e uso da terra.

Satélites	Data	Bandas
Landsat ETM+ 7	15/07/2001	1, 2, 3, 4, 5 e 7
Landsat OLI 9	23/06/2022	2, 3, 4, 5, 6 e 7

Elaboração própria.

Na geração do mapeamento da cobertura e uso da terra, adotou-se a classificação supervisionada, a partir da coleta de amostras de treinamento, com uma média de 6 a 8 amostras para cada classe. Esse método tem, por finalidade, definir as classes a serem mapeadas *a priori*, a partir da seleção das amostras das classes, pelo intérprete, antes da classificação (Florenzano, 2011; Novo, 2010; Jensen, 2015). O classificador utilizado foi o *Support Vector Machine* (SVM), que considera arquivos *rasters* segmentados e é mais robusto contra ruídos, bandas correlacionadas e desequilíbrio no número de amostras de treinamento (Jensen, 2015). Posteriormente, concluiu-se a classificação e revisão das confusões no processo, como, por exemplo, sombra classificada como água ou mineração classificada como área urbanizada. Foram mapeadas 8 classes: área construída de uso misto (residencial, comercial, industrial, turismo e serviço); infraestrutura de transporte (Aeroporto); mineração; agricultura; Floresta Ombrófila Densa; vegetação com influência fluviomarinha (manguezal); campo limpo e solo exposto de uso não identificado. A nomenclatura das classes mapeadas foram atribuídas, a partir das características da área de estudo e da revisão das legendas de cobertura e uso da terra das seguintes referências: A *Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*, do autor Anderson *et al.* (1976); Manual do Uso da Terra e do Manual de Vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012; 2013); e da tese de doutorado de Zaloti (2022). A Figura 2 ilustra todas as atividades realizadas.

Todas as operações, de delimitação da bacia do rio Jurumirim, de classificação e de revisão do mapeamento da cobertura e uso da terra foram efetuadas no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS Pro 3.2.

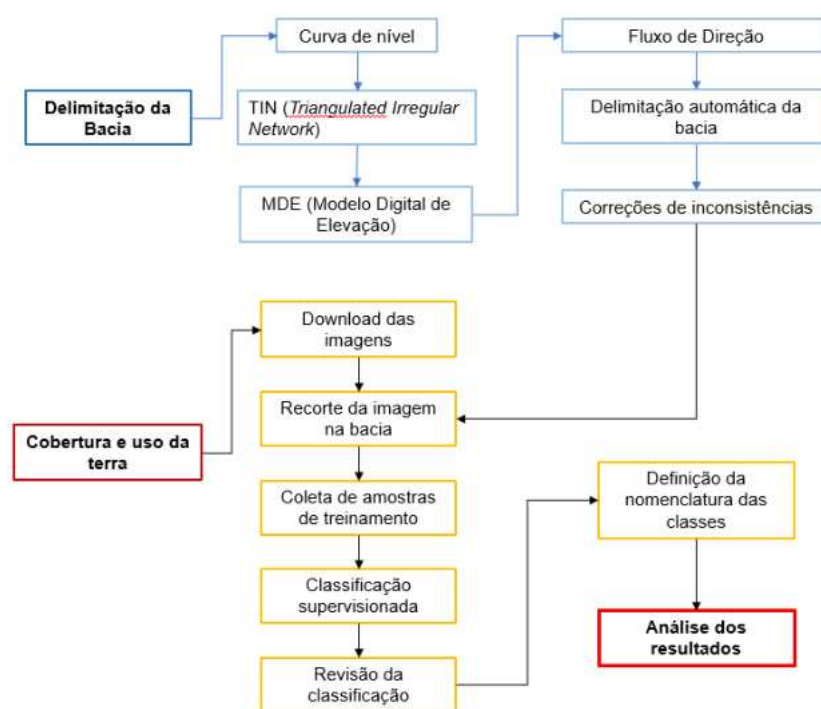


FIGURA 2 - Fluxograma das atividades realizadas para a delimitação da bacia e mapeamento da cobertura e uso da terra. Elaboração própria.

RESULTADOS

Foram mapeadas 8 classes da cobertura e uso da terra que são apresentadas na Tabela 1. O mapeamento da cobertura e uso da terra em 2001 e 2022 é apresentado nos mapas da Figura 3.

TABELA 1 - Classes mapeadas em 2021 e 2022 na Bacia do rio Jurumim, em Angra dos Reis, Rio de Janeiro.

NIVEL I	NIVEL II	2001 km ²	2022 km ²
Área Urbanizada	Área construída de uso misto (residencial, comercial, industrial, turismo e serviço)	0,3	1,17
	Infraestrutura de transporte (Aeroporto)	0,06	0,07
	Mineração	0,11	0,23
Área Cultivada	Agricultura	7,07	7,58
Formação Florestal	Floresta Ombrófila Densa	45,95	47,37
Formação Pioneira	Vegetação com influência fluviomarinha (Manguezal)	2,35	1,73
Área Descoberta	Campo limpo	11,54	9,29
	Solo exposto de uso não identificado	0,18	0,1

Elaboração própria.

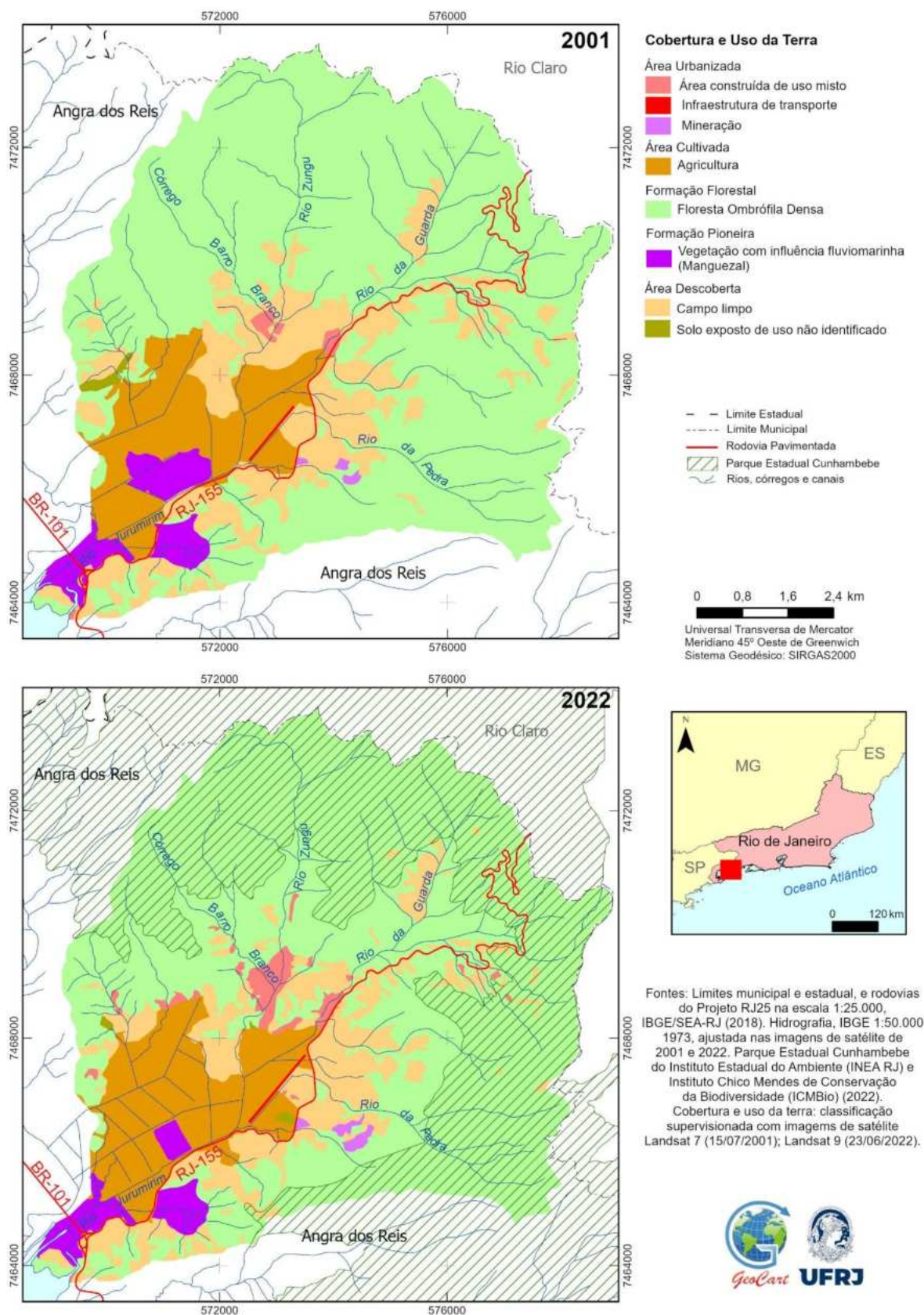


FIGURA 3 - Mapeamento da cobertura e uso da terra em 2001 e 2022 em Angra dos Reis, Rio de Janeiro. Fonte: Projeto RJ25 IBGE/SEA-RJ (2018); INEA e ICMBio (2022). Imagens de satélite Landsat 7 (15/07/2001); Landsat 9 (23/06/2022). Elaboração própria.

A classe que registrou o maior aumento, foi a área construída de uso misto, abrangendo áreas residenciais, comerciais, industriais, turísticas e de serviços, com um crescimento de 290%, entre 2001 e 2022. Outra classe que apresentou ampliação foi a de mineração, com um aumento de 109,09%, envolvendo a concessão de lavra da substância de gnaíse. Ao redor dessa área de mineração, foram concedidas várias autorizações para pesquisa de outras substâncias, como granito e areia, além de concessões de lavra dentro da bacia do rio Jurumirim para a substância de saibro, indicando a possibilidade de um aumento, ainda maior, para essa classe na bacia (Brasil, 2024). A classe de infraestrutura de transporte (aeroporto), representando uma pista de pouso, teve um incremento de 16,67%, entre 2001 e 2022. Outros aumentos ocorreram nas classes de agricultura, com 7,21%, e de floresta ombrófila densa, com 3,09%, durante o mesmo período. A classe que mais reduziu, foi a de solo exposto de uso não identificado, com uma diminuição de 44,44%. As classes de vegetação com influência fluviomarinha (manguezal) e campo limpo também diminuíram, em 26,38% e 19,50%, respectivamente, durante o período analisado (Figura 4).

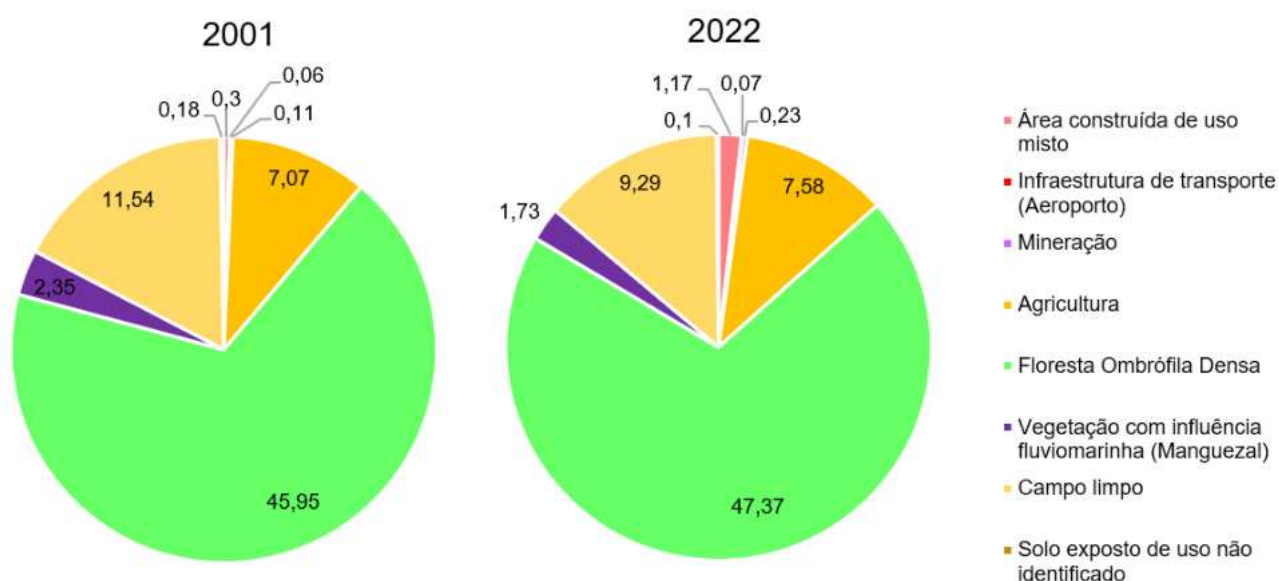


FIGURA 4 - Classes da cobertura e uso da terra em 2001 e 2022 em km² em Angra dos Reis, Rio de Janeiro. Elaboração própria.

Na comparação da cobertura e uso da terra, em 2001 e 2022, dentro do Parque Estadual de Cunhambebe, observou-se uma redução de 51,46% na classe de campo limpo e um aumento de 1,17%, na classe de Floresta Ombrófila Densa. O Parque Estadual de Cunhambebe foi criado em 2008, o que pode justificar o discreto acréscimo na cobertura vegetal em 2022. No entanto, destaca-se que a classe de área construída de uso misto foi identificada dentro do parque, cobrindo uma área de 12.532,45 m². Apesar de ser uma área pequena, é importante observar o possível aumento nos próximos anos, a fim de evitar impactos dessa classe na área do parque.

CONCLUSÕES

A dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia do rio Jurumirim revelou um diagnóstico das transformações na paisagem, ao longo de 21 anos. Na bacia hidrográfica, observou-se um aumento, não apenas, na classe de floresta ombrófila densa, em 3,09%, mas também, nas classes de área construída de uso misto, agricultura e mineração, com incrementos de 290%, 7,21% e 109,09%, respectivamente, durante o período analisado. Outra preocupação surge em relação à quantidade de autorizações para pesquisa e concessões de lavra de substâncias, como areia, saibro e granito na bacia, o que pode resultar em um aumento na classe de mineração e, conseqüentemente, na

ocorrência de impactos ambientais. Na análise realizada no Parque Estadual de Cunhambebe, observou-se uma redução na classe de campo limpo e um pequeno aumento na classe de floresta ombrófila densa, porém destacou-se a presença da classe de área construída de uso misto em 2022. Essa classe precisa ser monitorada, nos próximos anos, para evitar um aumento expressivo, que poderia gerar impactos na unidade de conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, R.E. **A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data**. Virgínia: Geological Survey Professional Paper, 1976. 34 p.
<https://pubs.usgs.gov/pp/0964/report.pdf>
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração. **Geoinformação Mineral (SIGMINE)**. Processos Minerários. <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/acesso-a-sistemas/geoinformacao-mineral>
- FLORENZANO, T.G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. 1. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2011.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico de vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2012.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2013.
- JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 4. ed. Glenview, Illinois: Pearson, 2015.
- LOBO, B.A.; ZALOTI, F.A.; MENEZES, P.M.L. de. **Análise da cobertura e uso da terra na bacia do rio Jurumirim em Angra dos Reis – RJ**. In: XLV Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural, Rio de Janeiro, UFRJ, 08-12 abr. 2024. <https://www.pr2.ufrj.br/public/suporte/pr2/editais/jictac/2024/ccmn.pdf?1713635001>
- NICOLETE, D.A.P.; CARVALHO, T.M.; POLONIO, V.D.; LEDA, V.C.; ZIMBACK, C.R.L. Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu - SP. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, 25-29 abr.2015. **Anais eletrônicos...**, João Pessoa: Centro de Convenções, 2015. <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0791.pdf>
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2010.
- PASCOAL, E.M. **Angra dos Reis: 500 anos de história**. Angra dos Reis, RJ: 2010.
- ROCHA, S.P. **Análise espaço temporal do uso e cobertura da terra no entorno da BR-101 - trecho Angra dos Reis e Parati/RJ**. 2005. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- RODRIGUES, C.; ADAMI, S.F. Técnicas de Hidrografia. In: VENTURI, L.A.B. (org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. cap. 3. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 55-81.
- SOMBRA, A.C.S. **Caracterização morfométrica e de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jurumirim - Angra dos Reis, RJ**: contribuição para gestão dos recursos hídricos. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Produção social do espaço: natureza, política e processos formativos em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2018.
- ZALOTI, F.A. **Via Metropolitana: dinâmica da cobertura e uso da terra após implantação em Lauro de Freitas, Camaçari e Salvador – Bahia, Brasil**. 2022. 261f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2022.

CAPÍTULO 100

GEOTECNOLOGIAS COMO SUPORTE NA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA CRIAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DA TIRIRICA (RJ) NO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

Daniel Marques de Abreu^{1,2}
Adinan Marzulo Maia Martins^{1,3}

Dafne Godoy¹

João Pedro das Neves Cardoso Pedreira^{1,2}
Bárbara Coelho de Andrade⁴

1. Embrapa Solos. Núcleo de Geomática. Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 22460-000. daniel.abreu1501@gmail.com; adinanmaia@gmail.com; dafnegodoy1@gmail.com; neves.pedreira@outlook.com.
2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Instituto de Geografia. R. São Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20550-013.
3. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909.
4. Instituto de Florestas. Departamento de Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Departamento de Geografia. BR-465. Km 7. Zona Rural. Seropédica. RJ. CEP: 23897-000. barbaracoelho@ufrj.br.

RESUMO

Medidas conservacionistas e preservacionistas de remanescentes florestais são essenciais para a proteção da flora e da fauna presentes em uma determinada região. Este trabalho busca entender o impacto da legislação na consolidação do Parque Estadual Serra da Tiririca (PESET), uma vez que este pode contribuir para frear a expansão urbana densificada, em direção às áreas florestais. Como forma de avaliação, foram utilizados dados de uso e cobertura da terra do MapBiomass, para os anos de 1985, 1992, 2008, 2012 e 2022; e os dados pedológicos do IBGE, de 2023. Com o cruzamento desses dados, pôde-se observar aumentos e perdas de áreas (em km²) e seus usos. Os resultados apontam para o aumento da classe "Floresta", em áreas de argissolos e gleissolos, ambas, com ganhos de 0,66 e 0,07, respectivamente. No entanto, houve aumento de 0,43 da classe "Agropecuária" e de 0,03, da classe "Área Não Vegetada" sobre gleissolos, indicando uma pressão sobre o uso da terra nos limites territoriais do PESET. Outra classe que pode corroborar com esse argumento, é a de "Formação Natural e não Florestal", que apresentou diminuição de 0,03 e 0,06; em ambas as classes de solos. Por outro lado, houve uma perda de 0,37 de "Área Não Vegetada" em argissolos, sendo um indicativo de regeneração nessas áreas. Portanto, apesar do impacto positivo da criação do PESET nas florestas, a região pode ser vista como alvo de disputa de poder e avanço antrópico, com reflexos na mudança de uso e cobertura da terra.

Palavras-chave: unidades de conservação; geoprocessamento; conflitos territoriais; MapBiomass.

ABSTRACT

Conservation and preservation measures for forest remnants are essential for protecting the flora, and consequently, the fauna present in a given region. This work aims to understand the impact of legislation on the consolidation of the Serra da Tiririca State Park (PESET), as it can contribute to stop densified urban expansion towards forest areas. As a form of evaluation, land use and land cover data from MapBiomass for the years 1985, 1992, 2008, 2012 and 2022 and pedological data from IBGE in version 2023 were used. By crossing these data, it was possible to observe increases and area losses (in km²) and their uses. The results point to an increase in the "Forest" class in areas of argisols and gleisols, both with gains of 0.66 and 0.07, respectively. However, there was an increase of 0.43 in the "Agricultural" class and 0.03 in the "Non-Vegetable Area" class on gleisols, indicating pressure on land use within the PESET territorial limits. Another class that can corroborate this argument is that of "Natural and non-Forest Formation", which showed a decrease of 0.03 and 0.06 in both soil classes. On the other hand, there was a loss of 0.37 of "Unvegetated Area" in argisols, being an indication of regeneration in these areas. Therefore, despite the positive impact of the creation of PESET on forests, the region can be seen as a target of power struggles and anthropic advances, with repercussions on changes in land use and cover.

Keywords: conservation units; geoprocessing; territorial conflicts; MapBiomass.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o desenvolvimento de políticas de conservação ambiental pode ser considerado tardio, em comparação com outros países. As iniciativas preservacionistas começaram a ser mais exigentes, a partir do Código Florestal Brasileiro de 1934, porém, ainda apresentavam um baixo nível de proteção ao meio ambiente. Até a década de 60, a criação de unidades de conservação (UCs) no Brasil era baseada em aspectos estéticos e políticos, em vez de atender às necessidades de preservação (Rafael, 2017).

O advento da fase holística para o direito ambiental brasileiro foi iniciado em 1981, a partir da Política Nacional para o Meio Ambiente (PNMA), com o surgimento da compreensão de que o meio ambiente (natural, cultural e artificial) deve ser protegido, pela compatibilização do desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (Abi-Eçab; Kurkowski, 2022). Com a promulgação da Lei n. 9.985/2000 (BRASIL, 2000), a criação do Sistema de Unidades de Conservação (SNUC) representou um período de consolidação das legislações ambientais no Brasil. Esse passo simbolizou um grande avanço para a discussão do planejamento, gestão e fiscalização, no âmbito do meio ambiente. No entanto, é importante destacar que essa legislação não deu fim aos conflitos relacionados ao manejo e à gestão conservadora de áreas ambientais, sendo de extrema necessidade, a contínua realização de discussões e debates sobre o tema no país.

Durante o processo de desenvolvimento e consolidação do planejamento ambiental, no contexto da Mata Atlântica, diversas unidades de conservação foram criadas em centros urbanos, na tentativa de frear a expansão urbana, densificada em direção aos remanescentes florestais. Dentre estes casos, encontra-se o Parque Estadual da Serra da Tiririca (PESET), localizado entre os municípios de Niterói e Maricá, na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Criado pela Lei Estadual n. 1.901, de 29 de novembro de 1991, é uma UC da categoria de proteção integral, cujo objetivo, é o de preservar a Natureza, com uso indireto dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000). O PESET representa um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica da região, sendo um reduto da biodiversidade local e, por isso, está inserido em uma categoria mais rigorosa de conservação.

Diferente de outras UCs, a origem do PESET é resultante de projetos mobilizados pela sociedade civil, algo pioneiro para a época no Brasil, onde o principal incentivo vinha do próprio governo (Vallejo, 2005). Essa mobilização foi gerada por grupos ambientalistas, associações de moradores e moradores locais, que se manifestaram contra o desmatamento, que ocorria no início da década de 80 (Vallejo, 2005). Todavia, o PESET foi criado inicialmente com limites provisórios, de modo que se manteve sujeito à pressões, surgidas pela indefinição de suas fronteiras, se mostrando acessível à ocupação ilegal.

Em setembro de 2007, o perímetro definitivo do PESET foi definido, uma ação que contribuiu para a conservação da unidade. A primeira ampliação ocorreu em abril de 2008, incluindo áreas de elevado valor ambiental, como o Morro das Andorinhas e parte do entorno da laguna de Itaipu, terras da planície costeira de Niterói. A segunda ampliação adicionou 1.241 hectares, em outubro de 2012, que abrangeu o Morro da Peça, parte da Reserva Ecológica Darcy Ribeiro (Serra do Malheiro, Serra Grande e Morro do Cantagalo) e do conjunto de ilhas marinhas do Pai, da Mãe e da Menina (que fazem parte da Reserva Extrativista Marinha de Itaipu). Após essas incorporações, o Parque totalizou uma área de 3.433,83 hectares, sendo divididos nos setores Lagunar, Insular, Darcy Ribeiro e Serra da Tiririca. Portanto, além da biodiversidade, o PESET engloba diferentes geoambientes, com características únicas, definidos pelas serras, pelas ilhas e pela região de planície costeira, que abrange dunas, restingas, manguezais e a laguna de Itaipu (INEA, 2015).

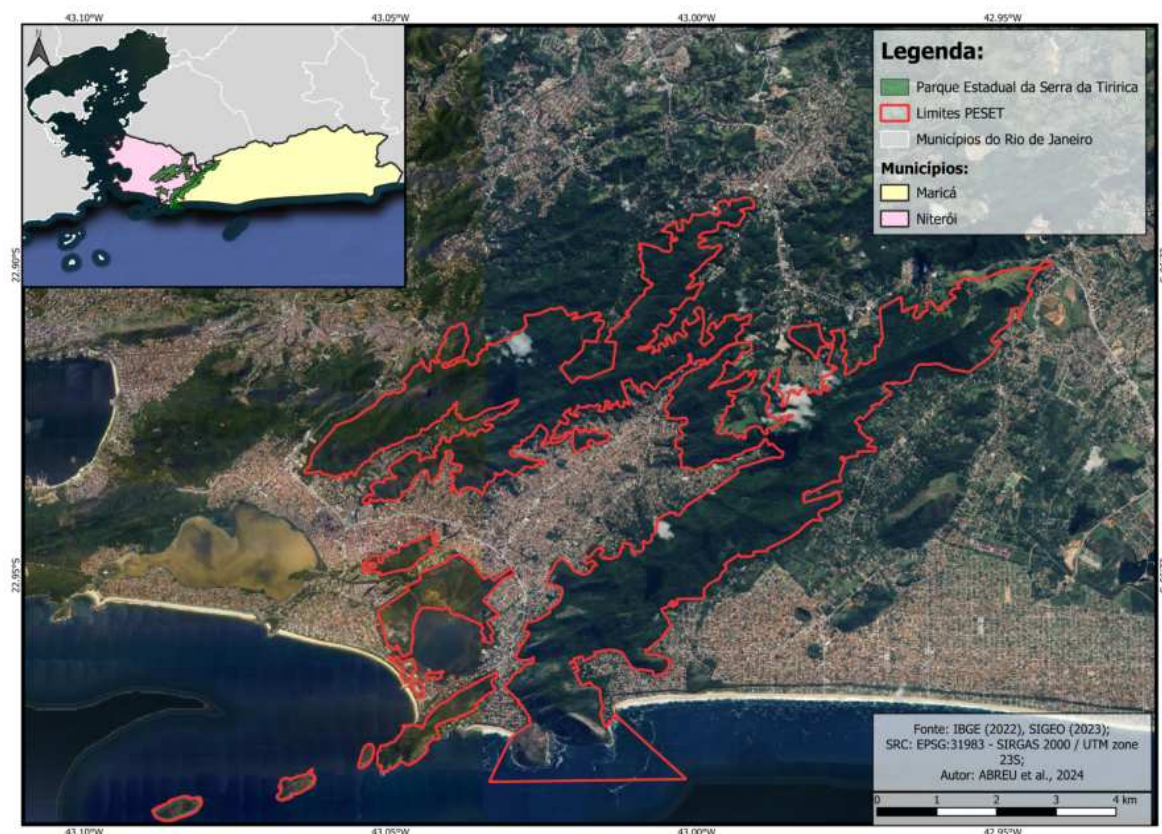


FIGURA 1 - Mapa de localização do Parque Estadual da Serra da Tiririca. Elaboração própria.

Os objetivos desta UC incluem proteger espécies vegetais e animais, manter a biodiversidade, promover a sustentabilidade, proteger paisagens e ativos culturais, favorecer o uso recreativo, estimular pesquisas científicas, preservar o sistema hidrográfico, contribuir para a amenização climática e minimizar a erosão (INEA, 2015). Entre os principais problemas enfrentados, estão a especulação imobiliária, as construções irregulares, as espécies invasoras, o turismo depreciativo, a caça, a eficiência baixa do poder público, os incêndios florestais, as práticas esportivas que erodem trilhas, a invasão por veículos, o descarte irregular de resíduos e diversas outras ameaças ambientais (INEA, 2015).

TABELA 1 - Linha do tempo das etapas de criação e ampliação do PESET.

Datas	Atividades
29/11/1991	Criação do PESET pela Lei Estadual nº 1.901/1991
03/09/2007	Definição do perímetro pela Lei Estadual nº 5.079/2007
16/04/2008	Ampliação do PESET pelo Decreto Estadual nº 41.266/2008
29/10/2012	Ampliação do PESET pelo Decreto Estadual nº 43.913/2012
05/02/2015	Plano de Manejo pela Resolução Inea nº 107/2015

Fonte: INEA (2015).

O parque surgiu nos anos 90, em um período de intenso crescimento imobiliário nos dois municípios abrangidos, culminando no desenvolvimento de diversos problemas históricos associados ao uso e à posse da terra (Vallejo, 2005). De acordo com Vallejo (2005), dentre esses problemas, a mineração, atrelada ao aumento da densidade populacional, por ocupações irregulares de terra, podem ser considerados os principais agravantes do desmatamento e do incêndio no Parque. Por estar

localizado em um ambiente fortemente marcado pela densificação do espaço urbano, sua criação está associada à tentativa de controlar as ameaças da expansão do mercado imobiliário e também de frear o avanço da cidade sobre estes ambientes. Além disso, deve ser considerada a ocupação deste território por outros agentes produtores do espaço urbano como a população tradicional do quilombo do Grotão que, diferente daquela anteriormente mencionada, não possui relação íntima com o desmatamento para expansão do mercado, nem mesmo, se coloca enquanto ameaça para esta unidade de conservação, pelo contrário, possui uma lógica de coexistência.

Com o advento das geotecnologias, o monitoramento e a prevenção em UCs foram aprimorados. Essas tecnologias contribuem sistematicamente para a análise da cobertura terrestre, ao longo do tempo, proporcionando resultados essenciais para a formulação de medidas preservacionistas eficazes. Além disso, é importante citar que, na realidade brasileira, há projetos importantes de mapeamento do uso e cobertura da terra. Como exemplo, podemos citar o MapBiomias (Souza *et al.*, 2020), que utiliza dados históricos de sensores dos satélites Landsat (1985-2022), disponibilizados de forma gratuita, sendo uma alternativa importante para gestores públicos e privados, no âmbito do planejamento ambiental e urbano.

A partir desse cenário, esta pesquisa propõe uma avaliação temporal, relacionando dados de uso e cobertura da terra do MapBiomias com as classes de solos do mapa pedológico do IBGE para os limites territoriais do PESET, considerando marcos importantes para esta UC, como a sua criação, delimitação, ampliação e plano de manejo. O objetivo é analisar o impacto dessas medidas, em relação aos dados de uso e cobertura da terra e os tipos de solos predominantes na região, uma vez que, esses últimos, podem ser alvo de exploração econômica.

METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foram necessários a obtenção dos dados de pedologia do IBGE, na escala de 1:250.000, em arquivo vetorial (shapefile) e dos dados de uso e cobertura da terra, presente no projeto MapBiomias Brasil, no formato *raster*, com resolução espacial de 30 metros. Ambos os produtos foram importados para o SIG ArcGIS 10.8, sendo recortados, com auxílio da ferramenta de geoprocessamento *clip* para os limites territoriais do PESET.

Posteriormente, foi necessária a transformação do arquivo vetorial de dados de solos do IBGE, em dados matriciais, a partir do algoritmo *Polygon to Raster*, cujo objetivo é transformar os polígonos em unidades de *pixels*. Foi estabelecida a resolução de 30 metros e aplicado o parâmetro *snap*, tomando, como referência espacial, os próprios dados de uso de MapBiomias, forçando o empilhamento entre os dois conjuntos de dados manipulados. A projeção UTM 23S foi estabelecida para os dois produtos, sendo importante para que não haja possíveis deslocamentos por projeções diferentes. Como as classes de solos não apresentam uma coluna em sua tabela de atributos, que seja do tipo numérico e na forma codificada, foi necessária a criação de uma coluna, enumerando todas as classes de solos, para que fosse possível o cálculo entre os dois conjuntos de dados. Por fim, a compatibilização dos dados de solos do IBGE, em relação aos dados do MapBiomias, foi estabelecida, por meio da álgebra de mapas (Eq. 1), com auxílio do *Raster Calculator*.

Relação entre o uso e cobertura da terra e o tipo de solo em PESET = MapBiomias + Solos do IBGE

EQUAÇÃO 1 - Álgebra de mapas utilizada na Calculadora Raster.

Tomando os dados de tipos de solos do IBGE, como uma variável fixa, foi executada a álgebra de mapas para os anos 1985, 1992, 2008, 2012 e 2022, considerando os dados do MapBiomias. Além disso, foram efetuados cálculos de áreas em km², entre as classes relacionadas, a partir da criação de

gráficos de barras e também, a relação entre ganho e perda de área, durante o intervalo analisado. Para as classes e subclasses do MapBiomas, foram selecionadas as que apresentavam propósitos significativos, para cada tipo de solo analisado. Portanto, o fluxograma (Figura 2) permite identificar todos os processos relacionados à metodologia empregada neste trabalho.

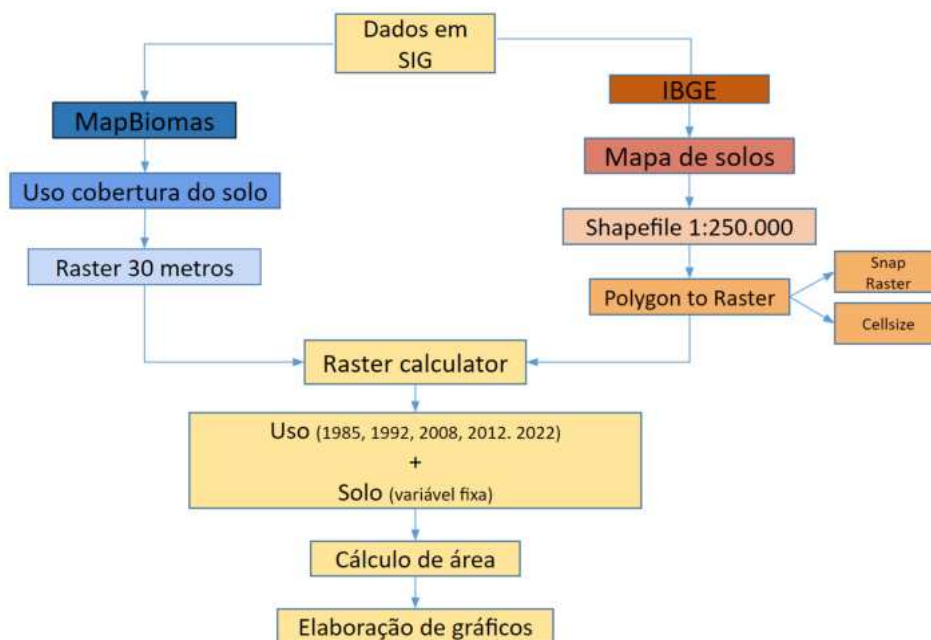


FIGURA 2 - Fluxograma da metodologia utilizada.

RESULTADOS

Os gráficos apresentados nas Figuras 3 e 4 ilustram as variações na relação entre o uso e cobertura da terra e o tipo de solo, tanto para o Gleissolo Melânico Tb Distrófico (GMbd), quanto para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd). Dessa forma, é possível perceber a variação, ao longo do intervalo de tempo determinado.

A análise da relação entre o GMbd e as classes do MapBiomas (Figura 3) revela que, a partir de 1992, com a criação da PESET, houve uma redução na cobertura da classe “Área não Vegetada”, enquanto a classe “Floresta” registrou um aumento de 0,14 km² após o estabelecimento do Parque. No entanto, somente após o estabelecimento da delimitação do Parque, em 2007, é que a classe ‘Agropecuária’ começou a apresentar uma redução em sua área. A falta de limites definidos pode ter contribuído para invasões e ocupações ilegais para atividades agropecuárias. Por outro lado, a classe “Formação Natural não Florestal” teve um aumento significativo, após a inclusão de novas áreas no Parque, em 2008 e 2012, ao comparar com os anos anteriores. Áreas de Campo Alagado, Área Pantanosa e afloramento rochoso influenciaram para a expansão dessa classe dentro do Parque.

A relação entre o PVAd e o MapBiomas (Figura 4) revela algumas semelhanças com a análise do solo anterior. Por exemplo, a classe “Floresta” registrou um aumento de área, após a criação do parque, enquanto a classe “Agropecuária” apresentou uma redução, após a delimitação do Parque. No entanto, é importante notar que, em comparação com o solo anteriormente analisado, a classe Floresta engloba uma área, significativamente, maior. Enquanto a maior área de Floresta associada ao solo GMbd foi de 1,26 km², o solo PVAd apresentou uma área de Floresta de 25,73 km², ambos, em 2022. Isso ocorre, provavelmente, devido à predominância de argissolos na região, enquanto os gleissolos ficam restritos a regiões de planície e a áreas alagadas. Em contrapartida, a classe Área não vegetada obteve um aumento de 0,06 km², em 2022, após uma redução de 0,10 km², entre 1992 e 2012. Diferente do que ocorreu com o tipo de solo anterior, a classe Formação Natural não Florestal não apresentou nenhum aumento entre os anos analisados.

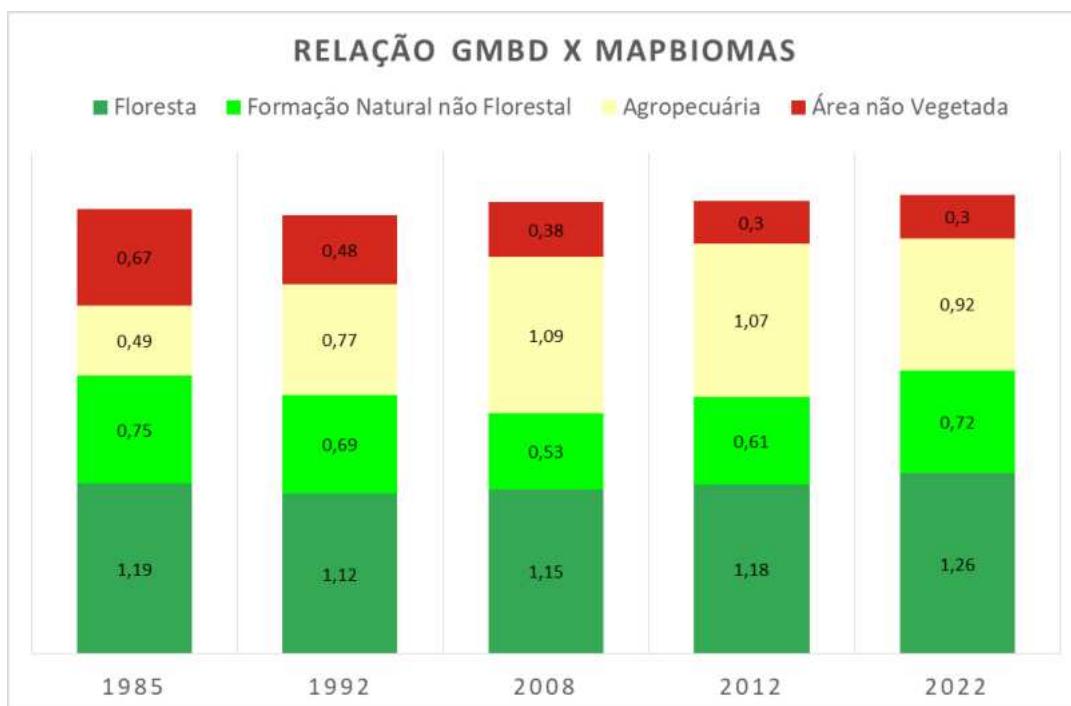


FIGURA 3 - Gráfico mostrando a área (km²) ocupada por cada relação entre o Gleissolo Melânico Tb Distrófico (GMbd) e MapBiomas. Fonte: IBGE e MapBiomas.

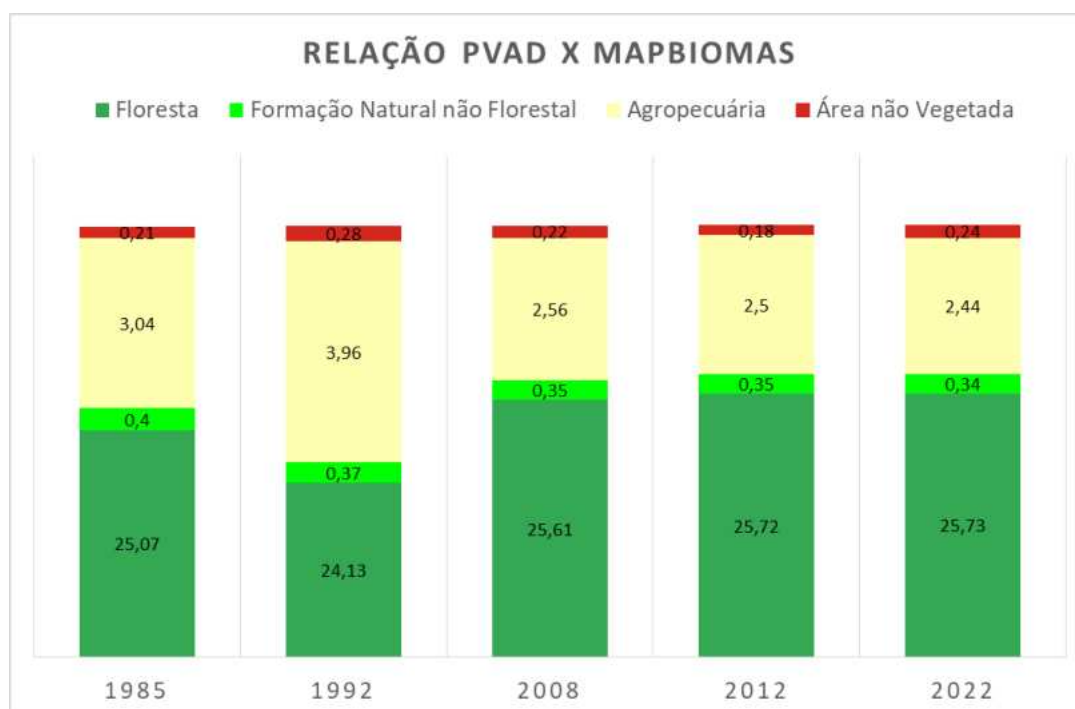


FIGURA 4 - Gráfico mostrando a área (km²) ocupada por cada relação entre o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd) e MapBiomas. Fonte: IBGE e MapBiomas.

Outro resultado da análise realizada foi a diferença de área (por km²), entre 1985 e 2022, para cada relação significativa, entre tipo de solo e classe do MapBiomas (Tabela 2). Em relação à classe “Floresta”, onde foram selecionadas as subclasses “Formação Florestal” e “Restinga arbórea”, houve um ganho modesto de 0,07 para o GMbd, em comparação com o ganho mais substancial de 0,66 para

o PVAd. Isso tem relação com a grande área de “Formação Florestal”, correspondente com o tipo de solo PVAd. No entanto, ambos os solos apresentaram perdas para a classe “Formação Natural não Florestal”, com o GMbd, registrando -0,03, e o PVAd -0,06.

O GMbd teve um grande ganho de 0,43 para a classe “Agropecuária”, enquanto o PVAd, apresentou uma perda significativa de -0,6. Esse resultado para o GMbd teve influência do grande ganho de área de mosaico de usos, que é definida como áreas de uso agropecuário, onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura (Souza *et al.*, 2020).

Por fim, para a classe de “Área não Vegetada”, enquanto o GMbd apresentou uma perda de -0,37, o PVAd registrou um pequeno ganho de 0,03. Para os dois tipos de solo, houve um aumento da subclasse “Área Urbanizada”, porém, a considerável perda de 0,46 km² da subclasse “Outras Áreas não Vegetadas” contribuiu para a redução da classe “Áreas não Vegetadas” do solo GMbd.

TABELA 2 - Ganho e perda de área de cada relação tipo de solo e MapBiomias, entre 1985 e 2022.

Tipo de solo GMbd e MapBiomias	Ganho x Perda	Tipo de solo PVAd e MapBiomias	Ganho x Perda
Floresta	0,07	Floresta	0,66
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Formação Florestal	0,04	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Formação Florestal	0,66
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Restinga Arbórea	0,03	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Restinga Arbórea	0
Formação Natural não Florestal	-0,03	Formação Natural não Florestal	-0,06
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Campo Alagado e Área Pantanosa	-0,03	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Afloramento Rochoso	-0,05
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Afloramento Rochoso	0	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Apicum	-0,01
Agropecuária	0,43	Agropecuária	-0,6
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Pastagem	-0,01	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Pastagem	-0,3
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Mosaico de Usos	0,44	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Mosaico de Usos	-0,3
Área não Vegetada	-0,37	Área não Vegetada	0,03
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Praia, Duna e Areal	-0,05	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Praia, Duna e Areal	-0,01
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Área Urbanizada	0,14	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Área Urbanizada	0,05
GMbd - Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Outras Áreas não Vegetadas	-0,46	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Outras Áreas não Vegetadas	-0,01

Fonte: IBGE e MapBiomias.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a criação do Parque Estadual da Serra da Tiririca foi determinante para o aumento das formações florestais, principalmente, aquelas sobre argissolos, contribuindo para a preservação da biodiversidade, nesse trecho remanescente da Mata Atlântica. Nos argissolos, o aumento das áreas de florestas foi acompanhado de redução das áreas de agropecuária, podendo ser considerado um avanço, em relação à proteção dessa região. Em contrapartida, nota-se o pequeno aumento de áreas urbanizadas em argissolos, que indica pressão antrópica sobre o PESET.

Em relação aos gleissolos, de ocorrência mais restrita na área, os dados são mais alarmantes. Pois, apesar do pequeno aumento das coberturas florestais, houve o aumento significativo das áreas de pastagem e/ou agricultura, provavelmente, devido ao relevo plano, que favorece essas práticas. Contudo, é importante ressaltar que esses solos são sensíveis, devido à sua condição de má drenagem e, portanto, são mais indicados para área de preservação de matas ciliares. Além disso, o aumento das áreas urbanizadas foi maior nos gleissolos, do que nos argissolos, apesar da diminuição observada em outras áreas, não vegetadas.

Dessa forma, nota-se que o Parque Estadual Serra da Tiririca, por estar localizado em uma área densamente urbanizada, enfrenta constantes pressões para ocupação de seu espaço. Portanto, percebe-se a importância da divulgação de estudos que destaquem o valor ambiental e cultural das áreas do PESET, distinguindo suas peculiaridades e alertando para os perigos da sua destruição. Nessa via, as geotecnologias emergem como ferramentas essenciais para auxiliar no planejamento, na execução e na avaliação de políticas de conservação em áreas de preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI-EÇAB, P.; KURKOWSKI, R.S. **Direito Ambiental**. 2. ed. Barueri: Editora Método, 2022.

BRASIL. **Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U., 19 jul. 2000.

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Resolução Inea n. 107/2015**. Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra da Tiririca. Rio de Janeiro: INEA, RJ, 2015.

RAFAEL, L.M. **Considerações sobre a seleção de áreas protegidas, o planejamento sistemático da conservação e a escala de abordagem**. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. v. 1. Instituto de Geociências, Unicamp, 2017. p. 1214-1223.

SOUZA JÚNIOR, C.M. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, 2020.

VALLEJO, L.R. Conflitos Territoriais em Parques Estaduais no Rio de Janeiro: Uma Avaliação à Luz das Políticas de Governo. **Revista Geo-Paisagem**, [S.l.], v. 4, n. 7, jan.-jun. 2005.

CAPÍTULO 101

MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA DE XAI XAI - MOÇAMBIQUE

Armando David Simbine Júnior¹
Beatriz Costa de Jesus¹
Beatriz Mourão Lopes¹
Guilherme Matheus da Cruz Mendes Vieira¹
Phillipe Valente Cardoso¹

1. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores - FFP. Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. simbinejunior16@gmail.com; biabixxdcosta@gmail.com; beatrizmourao1998@gmail.com; matheusgui71@gmail.com; phillipevalente@gmail.com.

RESUMO

O artigo aborda o tema "Mapeamento Multitemporal das Mudanças de Uso e Cobertura da Terra de Xai-Xai, Moçambique", destacando a influência das cheias e estiagens na alteração do uso e cobertura da terra na cidade de Xai-Xai, sem desconsiderar a ação antrópica. Dada a complexidade de realizar o mapeamento neste local, utilizou-se como procedimento metodológico, o satélite CHIRPS, para gerar séries temporais de precipitação, com imagens de satélite e dados locais, analisando os anos de 1985 a 2023 e destacando 2000, 2013 e 2023, pelo balanço pluviométrico. O classificador Random Forest identificou padrões complexos nos dados para as classes de uso da terra (área natural, infraestrutura urbana e classe mista), validando os resultados com o índice Kappa, que mostrou resultados "Muito Bom". A análise foi finalizada com a exportação dos dados para o ArcGIS 10.4 para análise quantitativa. Com base nisso, foi possível constatar que, de 2000 a 2013, houve uma perda da área natural e aumento da infraestrutura urbana. No último ano, de 2013 a 2023, a área natural cresceu. As mudanças urbanas foram influenciadas pela topografia, suscetibilidade a cheias e desigualdade, na distribuição de serviços básicos, o que faz com que a zona alta apresente maior crescimento e expansão urbana. Com este estudo, foi possível compreender melhor como as cheias e estiagens moldam a dinâmica da ocupação do solo e influenciam o desenvolvimento urbano na região.

Palavras-chave: mapeamento multitemporal; uso e cobertura da terra; Cidade de Xai-Xai; alterações na paisagem.

ABSTRACT

The article addresses the topic "Multitemporal Mapping of Land Use and Land Cover Changes in Xai-Xai, Mozambique," highlighting the influence of floods and droughts on changes in land use and land cover in the city of Xai-Xai, without disregarding anthropogenic action. Given the complexity of mapping in this location, the CHIRPS satellite was used as a methodological procedure to generate a time series of precipitation, using satellite imagery and local data, analyzing the years from 1985 to 2023 and highlighting 2000, 2013, and 2023 based on the rainfall balance. The Random Forest classifier identified complex patterns in the data for land use classes (natural area, urban infrastructure, and mixed class), validating the results with the kappa index, which showed "Very Good" results. The analysis was completed by exporting the data to ArcGIS 10.4 for quantitative analysis. Based on this, it was possible to observe that from 2000 to 2013, there was a loss of natural area and an increase in urban infrastructure. In the last year, from 2013 to 2023, the natural area expanded. Urban changes were influenced by topography, susceptibility to floods, and inequality in the distribution of basic services, leading to higher growth and urban expansion in the highlands. This study provided a better understanding of how floods and droughts shape the dynamics of land occupation and influence urban development in the region.

Keywords: multitemporal mapping; land use and land cover; Xai-Xai City; landscape changes.

INTRODUÇÃO

A análise multitemporal das mudanças de uso e cobertura da terra tem se destacado nos últimos anos, como uma ferramenta essencial para promover o desenvolvimento sustentável e mitigar os impactos decorrentes das questões climáticas. Singh (1989) aponta que a detecção de mudanças consiste em identificar diferenças no estado de um fenômeno ou objeto, em diferentes datas. Nesse caso, é conveniente ressaltar a diferença do mapeamento bitemporal e o multitemporal; o primeiro, utiliza apenas duas datas, enquanto o segundo utiliza três ou mais datas, sendo que, este último, permite estabelecer as trajetórias das mudanças de forma mais significativa.

Rodriguez (2004) expõe que as mudanças que ocorrem na paisagem são caracterizadas pela sua periodicidade e reversibilidade. Essas mudanças podem apresentar padrões recorrentes ou, até mesmo, serem revertidas, ao longo do tempo, como resultado dos processos e da auto-regulação dos sistemas. Isso complementa a perspectiva de Singh (1989), sobre a importância de utilizar múltiplas datas para uma análise mais robusta.

De acordo com Lu *et al.* (2004), para alcançar uma boa detecção das mudanças, o mapeamento multitemporal deve fornecer algumas informações, como a variação da área da mudança, a distribuição espacial das alterações, as trajetórias do tipo de uso e cobertura da terra e a avaliação da precisão. Esses aspectos são cruciais para interpretar e classificar imagens, permitindo aplicações variadas, como a gestão de desastres, o planejamento urbano e o monitoramento da mudança da paisagem.

Geralmente, as atividades humanas são consideradas os principais agentes de transformação na paisagem, enquanto os fenômenos naturais têm um papel menos significativo. No entanto, na província de Gaza e, em particular, na cidade de Xai-Xai, a questão natural é um dos principais fatores, que influenciam na transformação da paisagem. Neste local, os momentos de cheia e estiagem do rio Limpopo, exerceram uma influência marcante na dinâmica da paisagem. A evidência desse processo torna-se, ainda mais clara, durante eventos extremos, como as cheias ocorridas em 2000 e 2013, que forçaram a população a se deslocar para áreas mais altas, resultando na formação de novos bairros, como Ndambine 2000 e 2013.

Assim, o mapeamento multitemporal das mudanças de uso e cobertura da terra em Xai-Xai desempenha um papel crucial, permitindo uma análise detalhada das transformações, ao longo do tempo, especialmente, em resposta a eventos climáticos extremos. Ao monitorar essas mudanças, é possível compreender melhor como as cheias e estiagens moldam a ocupação do solo e influenciam o desenvolvimento urbano na região.

Área de Estudo

A cidade de Xai - Xai está localizada na província de Gaza, no sul de Moçambique, com extensão de aproximadamente 302,9 km². O local apresenta uma diversidade de ecossistemas, como praias, dunas, estuários e formações florestais. No entanto, a cidade enfrenta desafios significativos, principalmente, relacionados aos momentos de cheia do Rio Limpopo. Como visto abaixo, a cidade apresenta áreas mais suscetíveis à inundação às margens do rio Limpopo, onde há o cultivo de sequeiro, gerado a partir do HAND Model. Segundo o Centro de Ciência do Sistema Terrestre (2024), o HAND é um modelo digital de terreno normalizado pela rede de drenagem e que permite explorar quantitativamente a topo-hidrologia da paisagem (Figura 1).

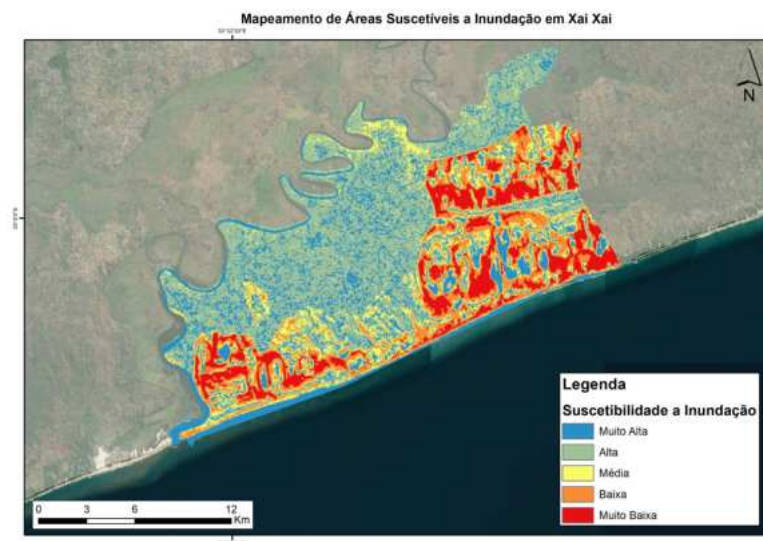


FIGURA 1 - Áreas suscetíveis à inundação em Xai-Xai. Elaboração própria.

Nos períodos de cheia, a população que, antes, se assentava às margens do rio migrou para áreas mais altas, impulsionando a ocupação das dunas costeiras. Boca (2019) aponta que, ao longo dos anos, houve um incremento da ocupação urbana desordenada, ao longo das dunas, que promoveram compactação dos solos e a remoção de vegetação na unidade 05 de Patrice Lumumba e Macanwine B e no bairro Ndambine 2013. Essa mudança no uso da terra tem várias implicações ambientais, como a redução da infiltração de água, aumento do escoamento superficial e erosão do solo, além de deslizamentos nas dunas desprotegidas.

Para enfrentar esses desafios, o mapeamento multitemporal das mudanças de uso e cobertura da terra tem se mostrado uma ferramenta indispensável. Essa abordagem permite monitorar a expansão urbana, identificar áreas vulneráveis e planejar intervenções, que promovam a sustentabilidade. A conservação da vegetação nativa, a implementação de práticas de construção sustentável e a criação de zonas de amortecimento são medidas essenciais para mitigar os impactos negativos do crescimento urbano desordenado.

METODOLOGIA

A metodologia para o mapeamento de uso e cobertura da terra de Xai Xai, consistiu primeiramente na escolha dos anos trabalhados. Para tal, foi utilizado o satélite *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS), responsável por gerar gráficos, utilizando imagens de satélite de resolução de 0,05° e dados de estações locais para, assim, gerar séries temporais de precipitação, em grade, com a finalidade de estudar e monitorar as secas sazonais (Developers Google, 2022).

Esse alicerce está inserido no *Google Earth Engine*, uma plataforma de computação em nuvem, que tem a capacidade de armazenar e processar grandes volumes de dados. Além disso, é uma ferramenta que se destaca nas análises globais de *Big Data*, uma vez que consegue suportar diversos tipos de dados, como também oferece serviços gratuitos para seus usuários. (Mutanga; Kumar, 2019; Zhao *et al.*, 2021).

A partir do gráfico de pluviometria, gerado para a área de estudo, entre os anos 1985 a 2023, foi possível analisar quais anos tiveram maior balanço pluviométrico. Dentre esses, se destacaram os anos de 2000 (1,641 mm), 2013 (923 mm) e 2023 (1,115 mm) (Figura 2).

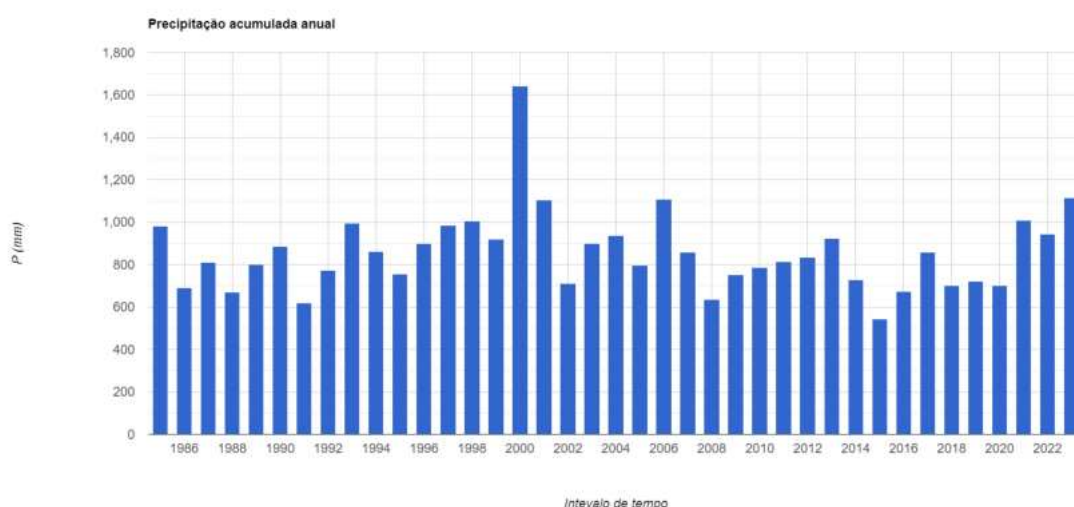


FIGURA 2 - Precipitação acumulada anual de Xai-Xai. Fonte: Google Earth Engine.

O classificador utilizado foi o *Random Forest*, um algoritmo de aprendizado de máquina (*machine learning*) supervisionado, que se destaca na identificação de padrões complexos em dados. De acordo com Silva (2021), o Random Forest é empregado, tanto em tarefas de classificação quanto de regressão. Esse algoritmo funciona através da criação de múltiplas árvores de decisão, durante o treinamento, e combina suas previsões para alcançar resultados, cada vez mais, precisos.

As classes escolhidas para a análise foram: área natural, infraestrutura urbana e outros usos da terra, dentro desta última classe, foram compiladas as classes de agropastagem, silvipastagem e silvicultura, uma vez que seria necessária uma análise mais aprofundada para diferenciá-las. É importante salientar que essas classes fazem parte do “Inventário de uso da terra” produzido por Nyamuno *et al.* (1995), para o Distrito de Xai - Xai.

Foram selecionadas cerca de 100 amostras de cada classe, de maneira distribuída, por toda área de estudo. Para a validação, etapa também realizada no Google Earth Engine, foram escolhidos aleatoriamente 20% de cada classe; e, a partir dessa validação, foi gerado o índice Kappa, responsável por qualificar o nível do mapeamento e avaliar a sua precisão, além de alguns registros fotográficos e pontos de coleta, obtidas em trabalho de campo. Os valores são: 0 (péssimo), 0 a 0.2 (Ruim), 0.2 a 0.4 (Razoável), 0.4 a 0.6 (Boa), 0.6 a 0.8 (Muito Bom) e 0.8 a 1.0 (Excelente), segundo Fonseca (2000). Os valores Kappa dos mapeamentos de uso e cobertura, dos anos de 2000, 2013 e 2023, respectivamente, são: 0.73, 0.74 e 0.61, classificados como Muito Bom. Após a validação, houve a exportação dos arquivos para o drive virtual e, em seguida, para o ArcGIS 10.4, para a realização das análises quantitativas.

RESULTADOS

Como resultados, foram obtidos três mapeamentos de uso e cobertura da terra para a cidade de Xai - Xai. O mapeamento do ano de 2000, apresentou 87,3% de área natural (264,6 km²), 0,56% de infraestrutura urbana (1,72 km²) e 12,07% de outros usos da terra (36,57 km²). Ao comparar esses usos com o mapeamento de 2013, houve a perda da área natural em 32,9%, cerca de 99,7 km² e ganhos nas classes de infraestrutura urbana com 22,64% (68,84 km²) e outros usos da terra com 10,13% (30,84 km²). Já no ano de 2023, há o ganho da área natural em 15%, aproximadamente 45,55 km² e perdas nas classes de infraestrutura urbana e outros usos da terra, 4% (12,13 km²) e 11% (33,43 km²) respectivamente, como demonstrado na Tabela 1. Importante salientar que a redução da classe outros usos da terra, nos anos de 2013-2023, é resultante da mudança para a classe de área natural, como também de algumas confusões pontuais no mapeamento.

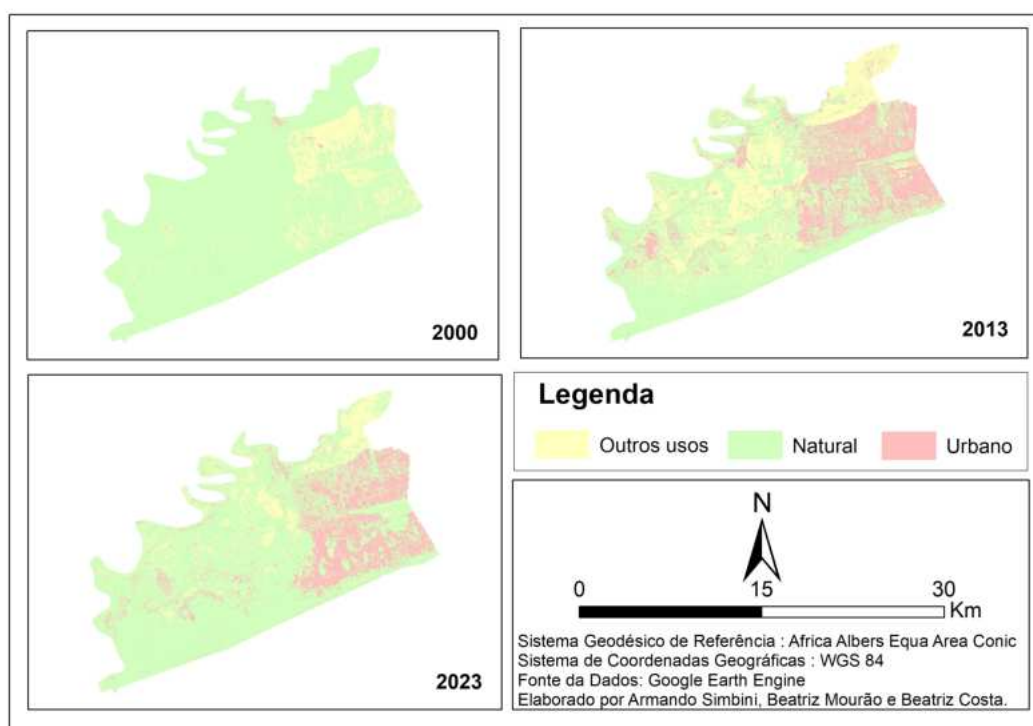
TABELA 1 - Áreas dos mapeamentos de uso e cobertura de Xai Xai em (%).

Áreas Xai - Xai (%)	2000	2013	2023
Área Natural	87,3	54,4	69,4
Outros Usos	12,07	22,2	11,2
Infraestrutura Urbana	0,56	23,2	19,4

Elaboração própria.

Importante salientar que as mudanças urbanas ao longo dos anos, não ocorreram de maneira homogênea, em toda a cidade, sendo importantes, três fatores principais, que explicam essa disparidade: a topografia da cidade, a suscetibilidade a cheias e a desigualdade na distribuição dos serviços básicos. A cidade é caracterizada por uma topografia, que se divide em duas áreas distintas: a zona baixa e a zona alta. A zona baixa é altamente suscetível a cheias, o que resulta em menor crescimento das infraestruturas urbanas e na maior preservação de áreas de classe mista. Em contraste, a zona alta, menos afetada por cheias, apresenta um crescimento mais acelerado das infraestruturas urbanas.

Além disso, a distribuição dos serviços básicos varia significativamente, entre as zonas baixa e alta. Segundo Simbine (2016), em 1998, as infraestruturas e serviços na zona baixa representavam apenas 25% do total da cidade, enquanto a zona alta concentrava 75%. Esta desigualdade aumentou ao longo do tempo, e em 2011, a zona baixa representava apenas 21%, enquanto a zona alta concentrava 79% das infraestruturas e serviços (Figura 3).

**FIGURA 3** - Mapeamentos de uso e cobertura para Xai - Xai. Elaboração própria.

CONCLUSÕES

A análise multitemporal revela mudanças significativas em Xai-Xai, onde as desigualdades são influenciadas pela topografia, suscetibilidade às cheias e disparidades na distribuição de serviços básicos. O mapeamento indica uma diminuição da área natural, ao longo dos anos, com aumento na infraestrutura urbana. Desta forma, esta abordagem, é crucial para compreender as transformações, ao longo do tempo, em Xai-Xai, especialmente, em resposta aos eventos climáticos extremos, e para ressaltar a importância de considerar, tanto os fatores naturais quanto os humanos, na gestão e no planejamento urbano.

Embora tenhamos obtido bons resultados com a metodologia utilizada, não foi possível obter imagens, que nos permitissem realizar uma classificação detalhada, o que dificultou a superação de algumas questões, que surgiram durante o mapeamento, como por exemplo as confusões entre as classes, majoritariamente, nas classes de infraestrutura urbana e na classe outros usos da terra. No entanto, as dificuldades encontradas representam oportunidades para futuras pesquisas na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCA, N.T. **As mudanças da paisagem e sua influência na dinâmica do risco de erosão na Cidade de Xai-Xai**. 2019. Dissertação (Mestrado): Universidade Pedagógica de Maputo, Maputo, Moçambique, 2019.
- CCST (Centro de Ciência do Sistema Terrestre). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **HAND Model**. <https://handmodel.ccst.inpe.br/>
- DEVELOPERS GOOGLE. **CHIRPS Daily, c2022**. https://developers.google.com/earthengine/datasets/catalog/UCSBCHG_CHIRPS_DAILY
- FONSECA, L.M.G. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2000. 105p.
- KAHINDA, J.; MEISSNER, R.; ENGELBRECHT, F. Implementação da Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas na bacia do alto rio Limpopo: Uma avaliação situacional. **Física e Química da Terra**, v. 93, p. 104-118, 2016. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2015.10.003>
- MUCHANGOS, A. dos. **Moçambique, paisagens e Regiões Naturais**. 1999.
- MUTANGA, O.; KUMAR, L. Google Earth Engine Applications. **Remote Sensing**, v. 11, 591, 2019. <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- NYAMUND, C.; LANGAR, J.; CHIVAMIC, B. **Inventário de uso da terra: Distrito de Xai-Xai**. Série Terra e Água, (845). Instituto Nacional de Investigação Agrícola. 1995. <https://edepot.wur.nl/485695>
- RAPOLAKI, R.; BLAMEY, R.; HERMES, J.; REASON, C. Uma classificação de padrões meteorológicos sinóticos ligados a precipitações extremas na Bacia do Rio Limpopo, na África Austral. **Climate Dynamics**, v. 53 (1-4), ago. 2019. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04829-7>
- SILVA, F.K.M. **Aprendizado de Máquina aplicado à Predição de incêndio em Canavial**. 2021. 63 f. TCC (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2021.
- SIMBINE, A.D.J. **A Influência das Migrações Urbanas na Variação da Estrutura das Cidades: O Caso da Cidade Xai-Xai no Período de 2000-2014**. 2016. 94f. Monografia (Licenciatura em Ensino de Geografia com habilidades em Turismo)- Faculdade de ciências de Terra e Ambiente da Universidade Pedagógica, Maputo, Moçambique, 2016.
- SINGH, A. Digital Change Detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, pp. 989- 1003, 1989.
- ZHAO, Q.; YU, L.; LI, X.; PENG, D.; ZHANG, Y.; GONG, P. Progress and Trends in the Application of Google Earth and Google Earth Engine. **Remote Sens.**, v. 13, 3778, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13183778>

CAPÍTULO 102

O CRESCIMENTO URBANO SOBRE AMBIENTE DE DUNAS NO BAIRRO DO FOGUETE, CABO FRIO/RJ

Luan Martins Pereira Pontes¹

Thiago Gonçalves Pereira¹

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Instituto de Geografia. R. São Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 20550-013. luanmartinspontes@gmail.com; thiagopereira.uerj@gmail.com.

RESUMO

O bairro do Foguete se desenvolveu, ao longo das últimas cinco décadas, entre o sistema de praia/dunas frontais e o campo de dunas transgressivas, localizadas na borda oriental da planície costeira entre os municípios de Cabo Frio e Arraial do Cabo. Para a detecção desse aumento na ocupação e as transformações no uso e cobertura do solo sobre ambientes de dunas, foram utilizadas duas ortoimagens, datadas de 2005 e 2022, disponibilizada pelo IBGE e gerada a partir de levantamento aerofotogramétrico, respectivamente. Foram elaborados mapas onde as análises comparativas partiram de nove classes, empregando a classificação supervisionada baseada em objeto, identificação visual das imagens, verificação e validação em campo. Os dados, gerados a partir da construção dos mapas, quantificam e comprovam essas percepções visuais de crescimento urbano e alteração de outros aspectos nesses 17 anos de intervalo. O aumento expressivo de residências consolidadas (+39%); crescimento de vegetações de maior porte (+140%); diminuição das gramíneas (-25%); e diminuição de dunas e sedimentos expostos (-25%) são alguns dos principais resultados obtidos em que algumas análises são consideradas e discutidas sob a questão dos impactos diretos e demais consequências das ocupações sob o campo de dunas em meio às construções do bairro, e de maneira indireta, nas dunas do Parque Estadual da Costa do Sol.

Palavras-chave: ocupação; uso e cobertura do solo; dunas costeiras; aerofotogrametria.

ABSTRACT

The Foguete neighborhood has developed over the last five decades between the beach/foredunes system and the transgressive dune field, located on the eastern edge of the coastal plain between the municipalities of Cabo Frio and Arraial do Cabo. To detect this increase in occupation and the transformations in land use and cover over dune environments, two orthoimages dated 2005 and 2022 were used, provided by IBGE and generated from aerial photogrammetric surveys, respectively. Maps were created where the comparative analyses were based on nine classes, employing object-based supervised classification, visual identification of images, and field verification and validation. The data generated from the construction of the maps quantify and confirm these visual perceptions of urban growth and changes in other aspects over these 17 years. The significant increase in consolidated residences (+39%); growth of larger vegetation (+140%); decrease in grasses (-25%); and reduction of dunes and exposed sediments (-25%) are some of the main results obtained. These results are analyzed and discussed, considering the direct impact and consequences of occupations on the dune field amid the neighborhood constructions, and indirectly on the dunes of the Costa do Sol State Park.

Keywords: occupation; land use and land cover; coastal dunes; aerial photogrammetry.

INTRODUÇÃO

Dunas costeiras despontam como ambientes relativamente recentes, numa escala de tempo de geológica (cenozoico), que leva em consideração a evolução da paisagem, a partir de aspectos fisiográficos, como o clima, vegetação, fonte sedimentar e a morfodinâmica da praia (Hesp; Walker, 2013; Mendes; Giannini, 2015), podendo ser afetados de diversas formas, desde alterações nas forçantes ambientais de ordem natural, como na utilização dessas áreas, para fins de uso e ocupação

humana. Assim, regiões costeiras com essas características fisiográficas demonstram uma maior suscetibilidade a alterações e impactos, especialmente, na ausência de um planejamento ambiental e ocupacional apropriados. Apesar de uma paisagem heterogênea, devido à sua elevada geodiversidade, o município de Cabo Frio apresenta um quadro de alto ou muito alto grau de vulnerabilidade, segundo Nicolodi e Petermann (2010), devido, sobretudo, às características físicas da orla, com planícies costeiras de baixas altitudes e eventos recorrentes de tempestades extremas.

Pereira *et al.* (2010) apontam que o crescimento urbano ao longo da RJ-140, via que faz a conexão entre os municípios de Cabo Frio e Arraial do Cabo, possivelmente, impacta o processo de alimentação sedimentar da praia para as feições dunares, posicionadas mais para o interior da planície. A partir disso, pode-se problematizar o aumento da densidade urbana, como um elemento impeditivo para a manutenção desses campos de dunas. A Figura 1, uma fotografia tirada durante um dos trabalhos de campo, ilustra a coexistência de dunas e de atividade comercial.

Desta forma, é conhecido que a área de estudo (Figura 2) faz parte de um sistema que integra um importante patrimônio geomorfológico com a presença de relevos únicos, como a Duna Dama Branca, a maior duna transgressiva do sudeste brasileiro, que, atualmente, sofre impactos diretos e indiretos da ocupação urbana (Fernandez *et al.*, 2017; Pereira; Pereira, 2022; Silva; Rocha, 2009). Diante dessa problemática, acredita-se que são prementes, os estudos que detectem essas transformações ambientais sofridas mais recentemente. Uma parte disso é mostrado neste trabalho, a partir da análise das ocupações na orla costeira com presença de dunas, fazendo uma comparação e análise entre os anos de 2005 e 2022, cujos objetivos são de analisar o padrão de mudança no uso e cobertura do solo, em escala compatível com as feições, que, possivelmente, sofreram impacto; identificar quais são esses impactos e influências da urbanização na dinâmica costeira do local e, por fim, avaliar o crescimento urbano da área, a fim de se apresentarem cenários futuros, em áreas estratégicas para o desenvolvimento de sistemas eólicos da região.



FIGURA 1 - Placa com anúncio de venda de um terreno com presença de uma duna costeira no bairro do Foguete, Cabo Frio/RJ. Acervo dos autores (2022).



FIGURA 2 - Área de estudo no município de Cabo Frio, RJ. Elaboração própria (2022).

METODOLOGIA

O processamento digital de imagens para o uso e cobertura do solo teve como fonte de dados o ortofotomosaicos de 2005, disponibilizado pelo IBGE; e por um levantamento aerofotogramétrico, realizado em outubro de 2022. O aerolevantamento foi realizado a partir da delimitação da área e rastreamento dos pontos de controle geodésicos, com o uso de um Receptor GNSS modelo *South Gs86S* Pós-processado L1-L2. A distribuição desses pontos georreferenciados planialtimetricamente garantiram uma elevada acurácia posicional, possibilitando a mensuração de distâncias e áreas da superfície imageada, a partir da elaboração de um ortofotomosaico, um modelo digital de elevação (MDE) e um modelo digital de terreno (MDT) para a área. O imageamento foi realizado por uma aeronave remotamente pilotada modelo *Phantom 4 Advanced*, da DJI, e os dados processados no *software* Metashape Professional 2.0, da Agisoft.

As classes utilizadas nos mapas de uso e cobertura do solo tiveram, como base referencial, o trabalho de Correa (2013) e as análises do relevo são complementares às demonstradas por Pereira *et al.* (2023). Para a construção dos mapas de uso e cobertura – desde a definição de áreas para a classificação até a realização do mapa final, foi utilizado o sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS Pro 3.1.2.

Foi usufruído o protocolo *Image Classification Wizard* (ESRI, 2023), onde o método de classificação aplicado foi a supervisionada (*Supervised*), com o tipo de classificação baseada em objeto (*Object based*). Dessa forma, foram coletadas milhares de amostras com polígonos correspondentes a cada uma das classes.

No Quadro 1, apresenta-se a estrutura metodológica, de maneira sintetizada, com a disposição das etapas. A primeira, tem o objetivo de demonstrar as etapas da construção dos mapas de uso e cobertura, as referências consideradas para a escolha das classes, passando pelo tratamento dos dados e, finalmente, a construção dos produtos. Enquanto a segunda, é uma análise e caracterização das etapas, que estão baseadas nos objetivos específicos, tratando de um conjunto de técnicas e

ferramentas utilizadas para manipular, interpretar e extrair informações de dados geoespaciais para análise do mapa final, caracterização a partir de modelos de elevação e, por fim, comparação do crescimento urbano e projeção de futuros cenários.

QUADRO 1 - Quadro metodológico com as etapas do trabalho.

1ª etapa		2ª etapa	
Construção dos mapas considerando o processo de ocupação da área de estudo		Análise, caracterização física e comparação da área de estudo	
Material	Métodos	Material	Métodos
Referências bibliográficas	Uso de classes para a classificação baseadas nas de Correa (2013)	Referências bibliográficas	Documentações Esri e validação do método via Índice Kappa (Cohen, 1960)
Ortofotos IBGE (2005) e Aerofotomosaico de ARP (2022)	Equalizar dados tratados individualmente	Mapas de uso e cobertura	Influências da urbanização na dinâmica costeira
Metashape e ArcGIS Pro	Construção dos mapas de 2005 e 2022	Disposição das classes nos mapas	Análise comparativa do crescimento urbano na área

Elaboração própria.

Para a apuração da acurácia, foram definidos 300 pontos aleatórios para cada classe, usando a estratégia de amostragem aleatória estratificada conforme a Esri (2023b). A avaliação de acurácia utilizou os valores Kappa, que variam de 0 a 1 (sendo 0=péssimo e 1=excelente). O mapa de 2005 obteve 0,78 e o de 2022, 0,80. Valores entre 0,61 e 0,80 são considerados como resultado "substancial" por Landis e Koch (1977) e "muito boa", por Demarchi *et al.* (2011).

RESULTADOS

Os mapas da Figura 3 permitem notar maior robustez das residências consolidadas no recorte de estudo como um todo, especialmente, nas partes norte e sul, em que já havia uma presença de construções em 2005. Além disso, pode-se notar um aumento considerável de vegetação mais densa/arborizada, considerada um importante agente fixador de dunas (Fernandez *et al.*, 2017).

A Tabela 3 e a Figura 4 demonstram os dados brutos e percentuais de cada uma das classes, comparando dados de 2005 e 2022. Algumas delas merecem destaque.

A classe das residências consolidadas é uma das mais impactantes, com dados tabulares indicando aumento de mais de 38%, justamente, na classe considerada uma das mais importantes para o potencial de impacto nas dunas (Feagin *et al.*, 2015; Mendes; Giannini, 2015; Winter; Ruessink, 2017). Destaca-se ainda os recortes norte e sul, onde já havia urbanização, mas que passou a ter densidade maior no ano de 2022.

A classe das residências em consolidação apresentou uma variação muito pouco significativa, mesmo com o aumento populacional, entre os dois recortes. Essa constatação pode indicar que o nível de crescimento não mudou, portanto, a tendência de aumento de residências a serem consolidadas na região pode ser considerado o mesmo.

A classe Arbórea-arbustiva foi a classe com o maior crescimento, dentre todas analisadas, com aproximadamente 140%, e, percentualmente, saltou de 5,5% para 13,2%. É interessante observar que a maior densidade urbana (residências consolidadas), na parte norte do recorte, está diretamente ligada ao aumento da vegetação de maior porte. Somado a isso, temos a diminuição das outras duas classes pertencentes à vegetação (herbácea-arbustiva e, principalmente, gramíneas). Com isso, pode-se presumir que a vegetação teve crescimento, de maneira geral, aumentando seu porte, deixando de ser gramínea e herbácea para transformar-se em arbórea, em que, provavelmente, a rugosidade urbana tem uma influência direta.

Por outro lado, houve diminuição na vegetação herbácea-arbustiva e nas gramíneas, sendo a última com menos 28%, de 2005 para 2022. A diminuição das gramíneas pode estar associada com a maior dificuldade da circulação dos ventos alísios, predominantes na direção NE-SE nessa região (Oliveira Filho, 2011), afetados pelas barreiras das construções e aumento da vegetação de grande porte. Com esses processos eólicos costeiros, naturais da região, tendo menor incidência direta sob superfícies sedimentares, há uma tendência, ou pelo menos uma maior possibilidade, do estabelecimento de vegetações de porte maior. Um outro ponto que pode ser levado em consideração para explicar o possível motivo da diminuição de gramíneas é a presença de casuarinas – *Casuarina equisetifolia* L. Essa espécie arbórea exótica tem um potencial invasor significativo, ao se sobrepor à vegetação nativa, principalmente, em áreas de dunas, o que pode levar a uma dominância dessa espécie, ameaçando a diversidade da região (Silva *et al.*, 2018).

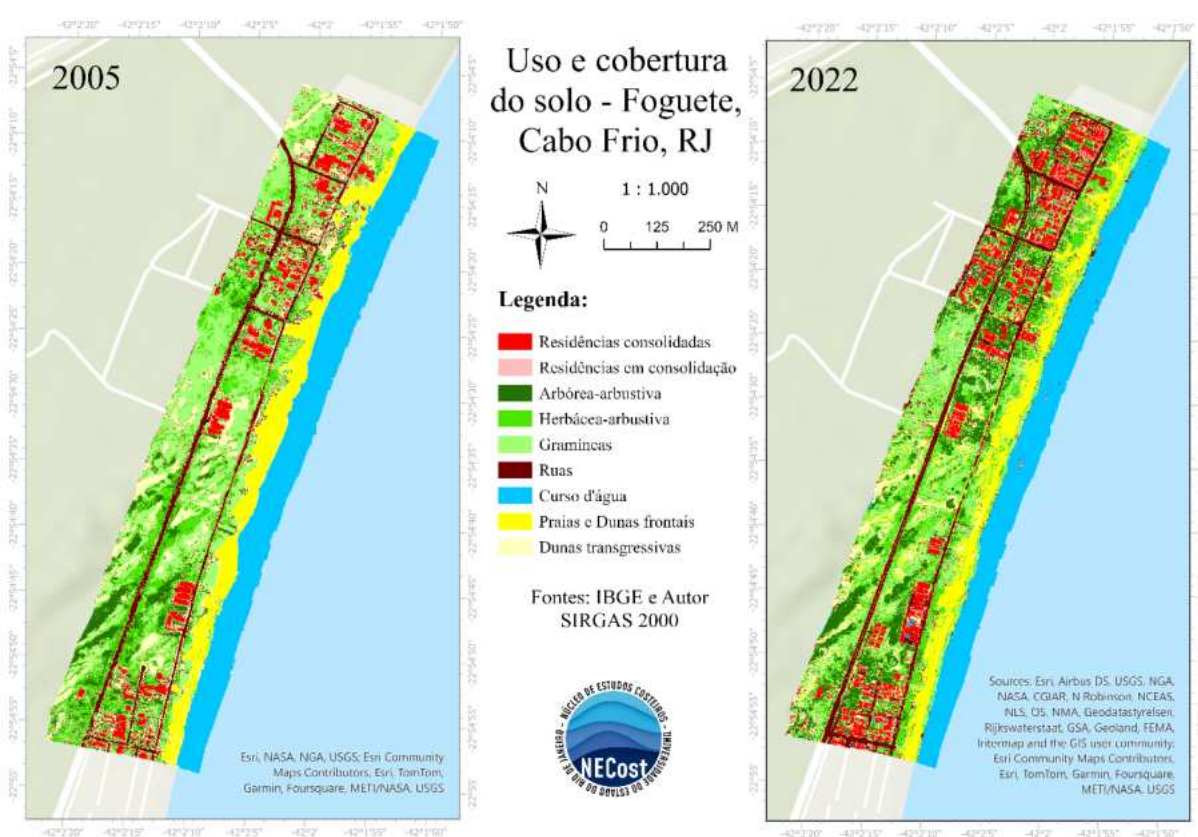
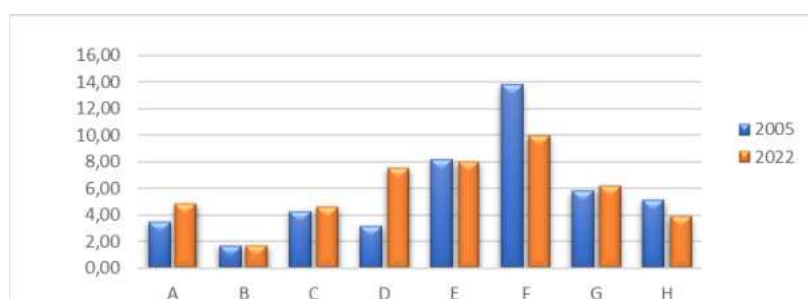


FIGURA 3 - Mapas de uso e cobertura do solo dos anos de 2005 e 2022. Elaboração própria.

TABELA 3 - Dados da área de cada classe de uso e cobertura por ano.

Classes	Área (ha)		Variação (%)
	2005	2022	
Residências consolidadas	3,49	4,84	38,79
Residências em consolidação	1,67	1,68	-0,02
Ruas e estradas	4,29	4,61	7,49
Arbórea-arbustiva	3,12	7,49	139,78
Herbácea-arbustiva	8,14	7,99	-1,87
Gramíneas	13,81	9,91	-28,24
Praias e Dunas frontais	5,80	6,18	6,59
Dunas transgressivas	5,12	3,86	-24,57
Curso d'água	11,17	10,05	-10,03
TOTAL:	56,61	56,61	

Elaboração própria.

**FIGURA 4** - Comparação da área (em hectares) de cada classe dos mapas de uso e cobertura:

A- Residências consolidadas; B- Residências em consolidação; C- Ruas e estradas; D- Arbórea-arbustiva; E- Herbácea-arbustiva; F- Gramíneas; G- Praias e Dunas frontais; H- Dunas transgressivas. Elaboração própria.

Na Figura 5, é mostrado um recorte específico do MDE, com curvas de nível (geradas em um posterior MDT da mesma área). Nele, foram traçados perfis topográficos, com topo superando 13 m de altura. Esta feição é de uma elevação linear e alongada, com mais de 160 m de comprimento, ancorada por vegetação de pequeno porte e concordante com os ventos de nordeste, e por conta desses fatores, são forte indicadores de antigos braços de dunas ancoradas. No alinhamento em que se encontra esta duna (NE-SW), é possível de se observar o desenvolvimento de parabólicas do tipo *hairpin* e complexas (Fernandes *et al.*, 2017), a oeste, mais para o interior da planície, após a RJ-140. Essa feição dunar está localizada próxima ao muro do que aparenta ser um condomínio ou uma pousada (centro da imagem), sendo considerado um risco para a construção e um problema para o transporte sedimentar. Provavelmente, a duna mudou sua morfologia após a construção destas residências, ou então, ela foi alterada, para que houvesse espaço de terreno plano para a disposição das moradias.

Por fim, foi realizado um recorte do setor ao norte área, para uma comparação visual de imagem e do mapa de uso e cobertura do solo (Figura 6). Este trecho é o que apresenta maior densidade urbana e também um aumento significativo de residências consolidadas. Essa é a área com maior proximidade com o antigo campo de dunas barcanas na planície de Cabo Frio que, a partir de 2013, deixam de existir (Lessa, 2020). Essas barcanas eram consideradas uma das principais fontes de sedimentos para a duna do tipo Parabólica Megaforma (localmente, conhecida como Duna Dama Branca), por meio do transporte eólico na planície de deflação (Pereira *et al.*, 2010). Pereira e Pereira (2023) mostram que a Duna Dama Branca tem diminuído gradualmente a sua área de abrangência, sendo o aumento da urbanização, uma importante hipótese desses impactos descritos pelos autores supracitados.

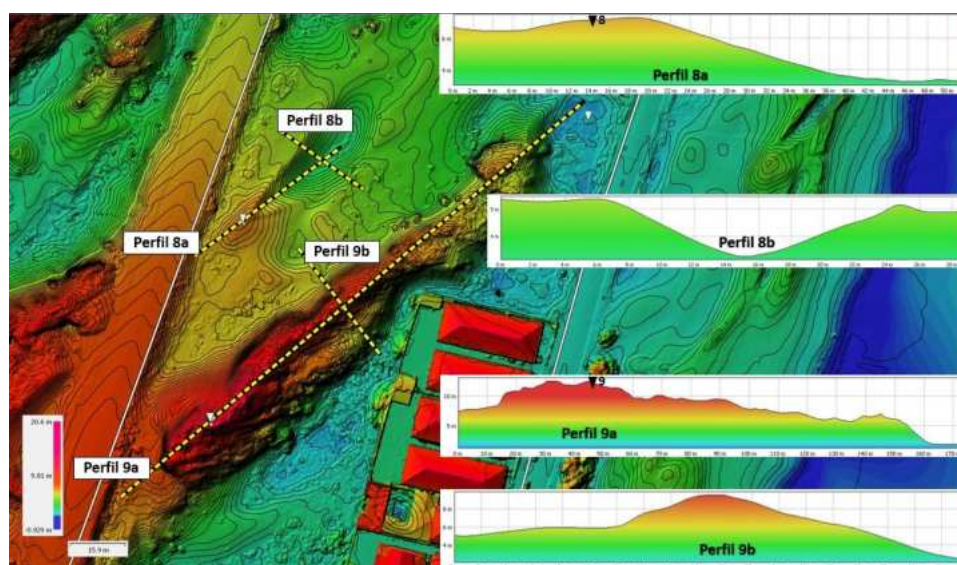


FIGURA 5 - Feições dunares com proximidade considerável de residências. Elaboração própria.

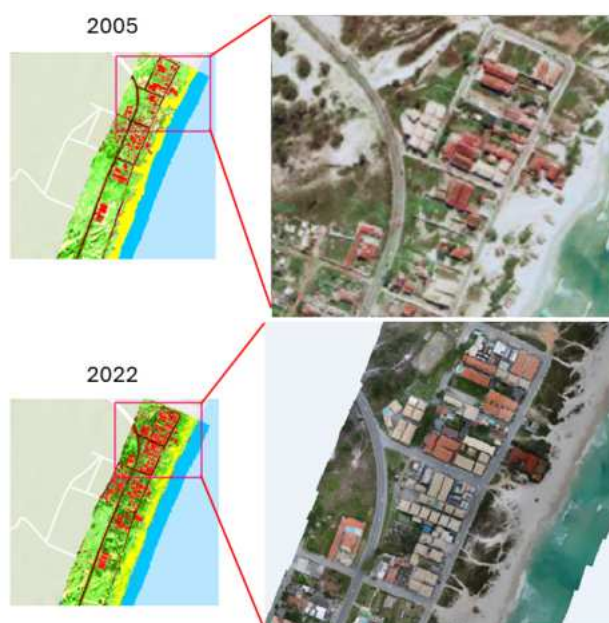


FIGURA 6 - Recorte Norte. Fonte: IBGE (2005) e autores (2024).

CONCLUSÕES

Neste estudo, a área escolhida foi considerada estratégica e relevante para a manutenção de diversos tipos de dunas na planície, por ser um trecho entre o sistema de dunas parabólicas transgressivas, a oeste, e a linha de costa, a leste. Esse segmento do arco praiar, associado aos ventos alísios e ao clima local favorável, é crucial para a alimentação sedimentar do sistema. Apesar do bairro estar inserido numa área típica de uma planície de deflação, este perímetro possui notáveis acumulações eólicas que, cada vez mais, coexistem com variadas tipologias urbanas, conforme detectado pelos levantamentos apresentados.

Os resultados do mapeamento e dos dados de cada classe de uso e cobertura, destacam um significativo crescimento urbano na Praia do Foguete, com a substituição da vegetação gramínea por vegetação arbórea. Além disso, os dados mostram que o ritmo de crescimento de 2022 permanece praticamente o mesmo de 2005, refletido na quantidade de residências em consolidação.

Dessa forma, é urgente uma atenção especial na região, especialmente, para terrenos loteados em áreas de dunas ou próximo a elas. A proximidade e influência do recorte espacial analisado com a área da Duna Dama Branca fazem com que a diminuição de sedimentos expostos e o aumento da vegetação robusta sejam pontos importantes para amplificar o debate sobre a influência e as consequências da urbanização nessa área. Consideramos que isso pode ser problemático, a médio/longo prazo, sugerindo que o crescimento urbano na região de influência pode ser um dos motivos para a diminuição significativa da área das dunas transgressivas de maior porte no interior da planície.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREA, W.B. **Metodologia de Diagnóstico Paisagístico de Orla Marítima**: contribuição ao gerenciamento costeiro do município de Cabo Frio, RJ. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, 2013.
- ESRI, 2023a. **Image Classification Wizard**. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/image-analyst/the-image-classification-wizard.htm>
- ESRI, 2023b. **Accuracy Assessment**. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/help/analysis/image-analyst/accuracy-assessment.htm>
- FEAGIN, R.A. *et al.* Going with the flow or against the grain? The promise of vegetation for protecting beaches, dunes, and barrier islands from erosion. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 13, n. 4, p. 203-210, 2015.
- FERNANDEZ, G. B; PEREIRA, T. G; ROCHA, T. B; MALUF, V; MOULTON, M.; Oliveira Filho, S. R. Classificação Morfológica das Dunas Costeiras entre o cabo Frio e o cabo Búzios, litoral do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, p. 595-622, 2017.
- HESP, P. A., WALKER, I.J. Aeolian environments: coastal dunes. In: Shroder, J., Lancaster, N., Sherman, D.J., Baas, A.C.W. (ed.). **Aeolian Geomorphology**. Treatise on Geomorphology vol. 11. Academic Press, San Diego, CA, 2013. p. 328-355.
- LANDIS, J.R.; KOCH G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, p. 159-174, 1977.
- LESSA, A.C.P. **Caracterização da morfologia dinâmica de dunas barcanas da planície de Cabo Frio, Rio de Janeiro**. 2020. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2020.
- MENDES, V.R.; GIANNINI, P.C.F. Coastal dunefields of south Brazil as a record of climatic changes in the South American Monsoon System. **Geomorphology**, v. 246, p. 22-34, 2015.
- NICOLODI, J.L.; PETERMANN, R.M. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada/ Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 10, n. 2, p. 151-177, 2010.
- OLIVEIRA FILHO, S.R. **Morfodinâmica Associada entre Duna, Praia e Zona Submarina como Subsídio a Adequada Ocupação do Espaço Costeiro na Praia do Peró–RJ**. 2011. 96f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

- PEREIRA M.M.R.; PEREIRA, T.G. Mapeamento espaço-temporal da duna Mãe da planície costeira do cabo Frio (RJ) de 2005-2020. **Revista GEO UERJ**, v. 1, p. 1-15, 2023.
- PEREIRA, T.G.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; CORREA, W.B.; FERNANDEZ, G.B. Diversidade Dunar entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios RJ. **Revista de Geografia**, Recife, v. 2, p. 15-29, 2010.
- PEREIRA, T.G.; PONTES, L.M.P.; BRAGA, T.R.; KUCHLER, P. Interação entre sistemas de dunas e urbanização: Um estudo de caso em Cabo Frio, RJ. *In: XIV Simpósio Nacional de Geomorfologia*, 2023, Corumbá. **Anais ...**, Corumbá, 2023.
- SILVA, A.D.; SARAIVA, V.B.; OLIVEIRA, M.M.; ANDRADE, O.F. Relevância da pesquisa sobre Casuarina equisetifolia L. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 12, n. 2, p. 425-438, 2018.
- SILVA, J.C.; ROCHA, T.B. Geodiversidade geomorfológica e identificação de possíveis geomorfossítios no núcleo ATALAIA-DAMA BRANCA do Parque estadual da costa do sol (PECSOL) – RJ. *In: XII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, ABEQUA, 2009. **Anais...**, 2009.
- WINTER, R.C.; RUESSINK, B.G. Sensitivity analysis of climate change impacts on dune erosion: case study for the Dutch Holland coast. **Climatic Change**, v. 141, n. 4, p. 685-701, 2017.

CAPÍTULO 103

PARCELAMENTO E USO DO SOLO NA BACIA DO CÓRREGO TAPERA: UMA ANÁLISE MULTITEMPORAL

Rômulo Montan Costa¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909. montancostaromulo@gmail.com.

RESUMO

As análises multitemporais do uso, ocupação e cobertura da terra, apoiadas pelo uso das geotecnologias, constituem-se como uma alternativa e condição *sine qua non* para a implementação de estudos correlatos às alterações ocasionadas na superfície terrestre. A área de estudo selecionada para o presente trabalho consistiu-se na bacia hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT), localizada na área urbana do município de Juiz de Fora. O presente estudo visa realizar uma análise multitemporal do uso e ocupação da terra, pautado na legislação de parcelamento e uso do solo, a fim de apreender aspectos, que permitam subsidiar a compreensão de fatores, correlatos aos riscos geomorfológicos, para os seguintes anos: 1968, 1983, 2000, 2007 e 2023. Os resultados obtidos revelaram um crescimento significativo das áreas edificadas, ao longo do período analisado, aumentando de 0,94 km² (19,38%), em 1968, para 2,89 km² (100%), em 2023. Essa expansão urbana concentrou-se principalmente em áreas com declives superiores a 30%, desafiando as regulamentações de uso do solo e aumentando os riscos geomorfológicos associados.

Palavras-chave: geotecnologias; análise multitemporal; crescimento urbano.

ABSTRACT

The multi-temporal analyses of land use, occupation, and land cover, supported by the use of geotechnologies, constitute an essential alternative and condition sine qua non for the implementation of studies related to changes occurring on the Earth's surface. The selected study area for this work consisted of the watershed of Córrego Tapera (BHCT), located in the urban area of the municipality of Juiz de Fora. This study aims to conduct a multi-temporal analysis of land use and occupation based on land parceling and land use legislation, in order to capture aspects that allow subsidizing the understanding of factors related to geomorphological risks for the following years: 1968, 1983, 2000, 2007, and 2023. The results revealed a significant growth in built-up areas over the analyzed period, increasing from 0.94 km² (19.38%) in 1968 to 2.89 km² (100%) in 2023. This urban expansion mainly concentrated in areas with slopes greater than 30%, challenging land use regulations and increasing associated geomorphological risks.

Keywords: geotechnologies; multitemporal analysis; urban growth.

INTRODUÇÃO

As evidentes complexidades dos processos de uso dos recursos e de alteração das condições naturais do ambiente exigem esforços teórico-metodológicos distintos dos tradicionais (Felippe, 2009). As diferentes interpretações e percepções sobre as formas de uso e ocupação da terra e de suas dinâmicas fornecem elementos, que possibilitam reflexões e novas perspectivas, no que se refere aos processos de expansão e consolidação urbana, os quais, podem desarticular, temporária ou definitivamente, nossos modos de vida (Nunes, 2015).

Entre as mais variadas modalidades de transformação da superfície terrestre, destacam-se, conforme aponta Marques Neto *et al.* (2017), as obras voltadas para terraplanagem e atenuação de declives, o aplainamento de topos, a impermeabilização de planícies fluviais, a retificação, o manilhamento de cursos d'água, o soterramento de resíduos e a formação de depósitos tecnogênicos.

Imerso nesse contexto, as geotecnologias constituem-se como importantes meios técnico-científicos para a gestão e planejamento das cidades, sobretudo, neste momento de intenso debate sobre as alternativas para a crise das mesmas (Nogueira, 2002). Apresentam-se [as geotecnologias], quando associadas a políticas públicas eficazes, enorme utilidade para a avaliação de impactos, simulações, representação e interpretação conforme a necessidade, escala e objetivo dos diversos tipos de riscos existentes e, por conseguinte, para romper com a inércia que se faz presente em nossas cidades (Rosa, 2005; Martins; Oliveira, 2015).

Seguindo essa linha de pensamento, Singh (1989) aponta que as análises multitemporais do uso, ocupação e cobertura da terra, apoiadas pelo uso das geotecnologias, se constituem como uma alternativa e condição *sine qua non* para a implementação de estudos correlatos às alterações ocasionadas na superfície terrestre.

Nessa conjuntura, a área de estudo selecionada para o presente trabalho (Figura 1) consistiu-se na bacia hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT). Ocupando uma área de 4,84 km² e com, aprox. 39 mil habitantes, segundo dados do Censo (IBGE, 2022), a BHCT, no âmbito local, encontra-se posicionada na Região Nordeste da cidade de Juiz de Fora, caracterizando-se como uma das 156 sub-bacias hidrográficas (PJF, 2004), responsáveis por drenarem a área urbana desta cidade, estando sua foz localizada na margem esquerda do rio Paraibuna (Médio Paraibuna), o qual partilha do sistema hidrográfico capitaneado pelo rio Paraíba do Sul, principal rio da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE/SONDOTÉCNICA, 2007).

A organização do espaço geográfico na área drenada pelo córrego Tapera caracteriza-se pela presença de um processo histórico de espraiamento e consolidação da malha urbana, em setores afetados por inundações e escorregamentos (PJF, 2004).

Considerando essas premissas, o presente artigo visa realizar uma análise multitemporal do uso e ocupação da terra, pautado na legislação de parcelamento e uso do solo, na bacia hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT), a fim de apreender aspectos que permitam subsidiar a compreensão de fatores correlatos aos riscos geomorfológicos sobre ocupações urbanas, inseridas em áreas que possuem declives superiores a 30% (não passíveis à ocupação), por meio da execução de uma análise integrada de produtos e técnicas de sensoriamento remoto, aerofotogrametria e geoprocessamento, para os seguintes anos: 1968, 1983, 2000, 2007 e 2023.

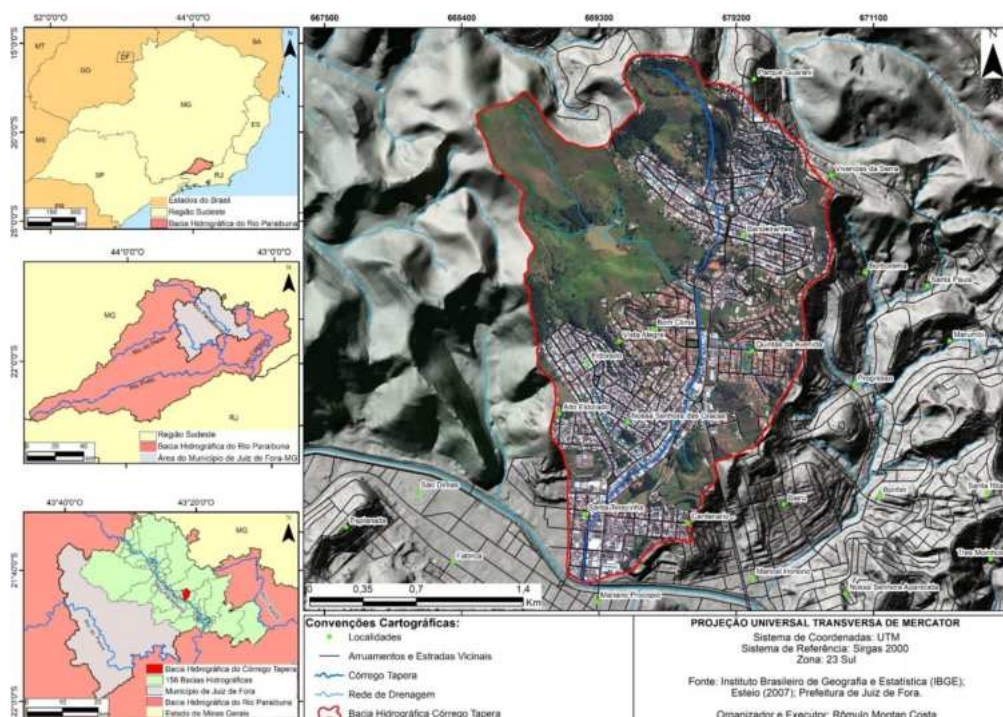


FIGURA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera em Juiz de Fora, no âmbito regional e local. Elaboração própria.

METODOLOGIA

Para a confecção dos produtos cartográficos, referentes ao Uso, Ocupação e Cobertura da terra e parcelamento e uso do solo na BHCT, para os anos de 1968, 1983, 2000, 2007 e 2023; foram utilizadas as imagens provenientes dos levantamentos fotogramétrico, aerofotogramétrico e aerofotográficos, disponíveis para a área de estudo selecionada (Figura 2). Para a realização de tal procedimento, fez-se necessário, a princípio, compatibilizar os dados cartográficos para as cinco datas estudadas na escala de 1:5.000.



FIGURA 2 - Imagens utilizadas para a elaboração dos produtos cartográficos para os anos de 1968, 1983, 2000, 2007 e 2023 para a BHCT. Nas imagens o vermelho representa o limite da bacia. Elaboração própria.

A interpretação e vetorização dos limites das classes de uso, ocupação e cobertura da terra, identificadas na BHCT, foram realizadas, por meio da rotina “edição de polígonos” do sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS. Tal classificação, se desenvolveu com o procedimento de interpretação visual, visto que, uma classificação automática ou semiautomática poderiam resultar na extrapolação e/ou em incongruências das classes identificadas, evidenciando assim, resultados que fugiriam da realidade presente na área de estudo.

Em suma, foram identificadas, a partir desse procedimento técnico, sete classes de uso, ocupação e cobertura da terra para as cinco datas estudadas: Áreas Edificadas, Horticulturas, Corpos d`água, Capoeira, Floresta Estacional Semidecidual, Gramíneas e Solo Exposto.

Assim, faz-se necessário evidenciar que, após a vetorização dos polígonos e da definição das classes de uso, ocupação e cobertura da terra, todos os arquivos vetoriais gerados, para as cinco datas, passaram por uma reavaliação e edição final. Em seguida, em ambiente SIG, todos os arquivos gerados foram sobrepostos, fato este, que permitiu a interpretação e a geração de documentos cartográficos, voltados à identificação de mudanças ocorridas em cada classe estudada, ao longo de 56 anos.

Doravante, foram elaborados os produtos cartográficos referentes aos conflitos de uso da terra. A identificação destas áreas que apresentam conflitos, quanto ao parcelamento e uso do solo, baseou-se na sobreposição das cinco cartas de uso, ocupação e cobertura da terra, com o mapa de declividade, o qual foi gerado, utilizando-se o modelo topográfico de perfilamento a Laser - o *Light Detection and Ranging* (LiDAR), interpolado, com resolução espacial de 1m x 1m, cedido pela Defesa Civil/ PJJ e gerado pela empresa Esteio S/A.

A realização do procedimento supracitado baseou-se nas exigências atribuídas, respectivamente, pelo inciso III, presente na Lei federal n. 6766 (BRASIL, 1979), que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, determinando as condições necessárias para a regularização de loteamentos, incluindo a obrigatoriedade de atender terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes, e na lei municipal n. 6908 (Juiz de Fora, 1986), que estabelece as normativas específicas para o zoneamento e uso do solo, dentro do município, exigindo que, em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), as demandas sejam atendidas conforme as exigências específicas, formuladas pela Prefeitura. Tal fato

ocasionou a necessidade de realização da classificação do arquivo matricial, referente à declividade, por meio de um processo manual, adotando-se os seguintes intervalos: < 30% (áreas que não apresentam restrições ao parcelamento e uso do solo) e >= 30 % (áreas que apresentam restrições ao parcelamento e uso do solo).

RESULTADOS

As cartas de uso e ocupação da terra da BHCT possibilitaram identificar as áreas em km² de cada classe determinada no presente estudo. O quadro 1 e a figura 3 retratam os resultados referentes às combinações das cartas de uso e ocupação da terra com os dados de declividade presentes nas áreas edificadas, possibilitando assim, a visualização dos pontos de expansão urbana que se apresentam em desacordo com a legislação apresentada anteriormente.

QUADRO 1 - Áreas edificadas e seus valores (areais e percentuais) baseados na legislação de parcelamento e uso do solo para os anos de 1968, 1983, 2000, 2007 e 2023.

Conflitos de Uso da Terra (1968)	Área (km²)	Área (%)
Áreas edificadas sem restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade < 30%)	0,82	87,23
Áreas edificadas com restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade >= 30%)	0,12	12,77
Total	0,94	100
Conflitos de Uso da Terra (1983)	Área (km²)	Área (%)
Áreas edificadas sem restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade < 30%)	1,5	88,76
Áreas edificadas com restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade >= 30%)	0,19	11,24
Total	1,69	100
Conflitos de Uso da Terra (2000)	Área (km²)	Área (%)
Áreas edificadas sem restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade < 30%)	1,85	85,65
Áreas edificadas com restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade >= 30%)	0,31	14,35
Total	2,16	100
Conflitos de Uso da Terra (2007)	Área (km²)	Área (%)
Áreas edificadas sem restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade < 30%)	2,26	87,59
Áreas edificadas com restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade >= 30%)	0,32	12,41
Total	2,58	100
Conflitos de Uso da Terra (2023)	Área (km²)	Área (%)
Áreas edificadas sem restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade < 30%)	2,33	80,62
Áreas edificadas com restrições ao Parcelamento e Uso do solo (Declividade >= 30%)	0,56	19,38
Total	2,89	100

Nesse contexto, os dados obtidos através dos mapeamentos revelam que, no ano de 1968, as áreas edificadas na BHCT ocupavam 0,94 km², dos 4,84 km² da bacia. Desses, 0,82 km² (ou 87,23%) estavam dentro das áreas sem restrições de parcelamento e uso do solo, enquanto que 0,12 km² (ou 12,77%) estavam em áreas com restrições, de acordo com as leis federais e municipais. É importante notar que essas leis só entraram em vigor em 1979, mais de 10 anos, após o período estudado, o que significa que as áreas edificadas, antes disso, estavam sujeitas ao parcelamento e ocupação do solo.

As áreas edificadas, presentes em 1968, concentravam-se principalmente nas porções sul e sudoeste da BHCT, incluindo os bairros Alto Eldorado, Eldorado, Nossa Senhora das Graças e Santa Terezinha.

A ocupação inicial da bacia ocorreu principalmente em áreas com declives inferiores a 30%, como a planície alúvio-coluvionar e algumas encostas, menos íngremes. Exceções incluíam algumas áreas próximas ao Córrego Tapera, entre os bairros Alto Eldorado e Nossa Senhora das Graças, e a encosta onde está o mirante do bairro Eldorado. Em 1968, as áreas edificadas concentravam-se principalmente na margem direita do Córrego Tapera, com poucos pontos de expansão urbana, ao longo do canal principal, à montante da BHCT.

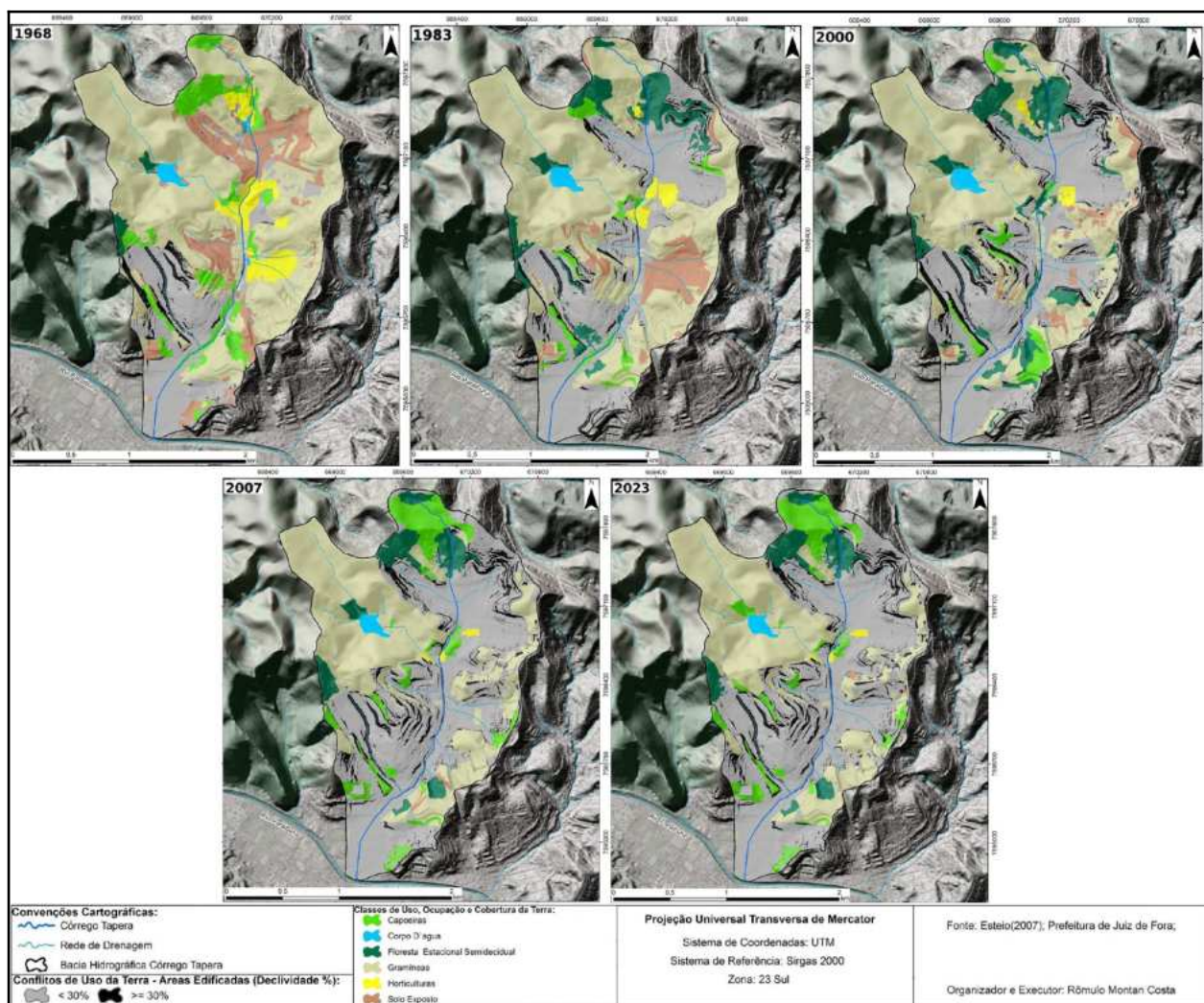


FIGURA 3 - Análise Multitemporal das Áreas com e sem restrições à Ocupação Urbana na BHCT.
 Elaboração própria.

Em 1983, o mapeamento revelou que as áreas edificadas na BHCT ocupavam 1,69 km², dos 4,84 km² da área total da bacia, representando 34,92% do território. Destas áreas edificadas, 1,5 km² (ou 88,76%) estavam localizadas em áreas sem restrições de parcelamento e uso do solo, enquanto que 0,19 km² (ou 11,24%) estavam em áreas com declives que apresentavam restrições legais.

Comparando com 1968, houve um aumento de 0,07 km² nas áreas edificadas, situadas em áreas com restrições legais, especialmente, na parte à montante da bacia. Isso reflete um significativo avanço na urbanização, entre os dois anos, com áreas, como os bairros Centenário, Santa Terezinha, Bandeirantes, Bom Clima, Parque Guarani e Vista Alegre; testemunhando um forte processo de adensamento urbano.

A expansão das áreas edificadas concentrou-se principalmente na margem direita do Córrego Tapera, com exceções para o bairro Bandeirantes, que já estava consolidado na porção nordeste da bacia, e alguns focos de expansão a leste, onde se desenvolveria o bairro Quintas da Avenida. A ocupação ocorreu principalmente em áreas de planície aluvio-coluvionar e em algumas encostas, com declives superiores a 30%, indicando uma expansão urbana significativa e direcionada para áreas, antes, não ocupadas.

No ano 2000, as áreas edificadas na BHCT ocupavam 2,16 km² dos 4,84 km² da área total da bacia. Deste total, 1,85 km² (ou 85,65%) corresponderam às áreas sem restrições legais ao parcelamento e uso do solo, enquanto que 0,31 km² (ou 14,35%), estavam sobre áreas com declives, que apresentavam restrições, de acordo com as leis federal e municipal.

Comparando com o ano de 1983, houve um aumento de 0,12 km² nas áreas edificadas, situadas em áreas com restrições legais. Esse período testemunhou um processo de adensamento nas margens do Córrego Tapera, especialmente, em áreas de planície aluvio-coluvionar e rampas de colúvio, que permitiram uma expansão horizontalizada, principalmente, nos bairros Santa Terezinha, Centenário, Quintas da Avenida e Bandeirantes.

Entretanto, a expansão urbana, em 2000, mostrou uma tendência desordenada, com foco em áreas de relevo mais acentuado, como morros e morrotes. Isso resultou na ocupação de encostas íngremes nos bairros Bandeirantes, Bom Clima, Eldorado, Parque Guarani e Vista Alegre, muitas vezes de forma ilegal e perigosa, desafiando as regulamentações legais e estabelecendo uma dicotomia entre a legislação e a realidade urbana observada.

Entre 2000 e 2007, o processo de expansão urbana na BHCT continuou a progredir. Em 2007, as áreas edificadas ocupavam 2,58 km², representando 53,31% da área total da bacia. Destas áreas, 2,26 km² (ou 87,59%) estavam localizadas em áreas sem restrições legais ao parcelamento e uso do solo, enquanto 0,32 km² (ou 12,41%) estavam em áreas com restrições.

Apesar de um menor crescimento percentual, em comparação com o período anterior, entre 2000 e 2007, o processo de urbanização persistiu, especialmente, em encostas íngremes, principalmente, nas porções norte e nordeste da BHCT, incluindo os bairros Bandeirantes, Vivendas da Serra e Parque Guarani. O avanço das áreas edificadas sobre encostas com declives acentuados foi destacado, como um fator significativo na modificação e desestabilização desses compartimentos geomorfológicos, contribuindo para a configuração de áreas com potencial de riscos ambientais.

Por fim, observa-se, entre 2007 e 2023, que, dos 2,89 km² de áreas edificadas, presentes na BHCT, 2,33 km² (ou 80,62%) estavam localizadas em áreas sem restrições legais ao parcelamento e uso do solo. Os 0,56 km² restantes (ou 19,38%) estavam situados em encostas, com declives superiores a 30%, ou seja, sobre áreas que, pela lei, possuem restrições legais ao parcelamento e uso do solo.

Os mapeamentos realizados para os cinco períodos estudados e, os dados gerados (Figura 4), possibilitaram um maior entendimento da conjuntura, correlata ao processo de ocupação urbana da BHCT, permitindo inferir que o processo de parcelamento e uso do solo e, por conseguinte, de expansão, ocupação e consolidação urbana, presentes na BHCT, ocorre de forma desordenada e contínua, apresentando, como características, a presença de cortes e aterros indiscriminados, a remoção da cobertura vegetal, as ocupações em áreas de drenagens naturais, entre outros fatores, que, associados, as tem tornado áreas de risco potencial. Um reflexo comum dessas alterações, é a ocorrência recorrente de escorregamentos.

Imerso nesse contexto, chama-se atenção para o atual vetor de crescimento das áreas edificadas na BHCT, o qual encontra-se diretamente vinculado a margem esquerda do Córrego Tapera, onde predominam tipos genéticos de modelados de dissecação, referentes aos morros e aos morrotes e, por conseguinte, encostas com declives superiores a 30%. Destaca-se, nesse sentido, as encostas conspícuas aos bairros Quintas da Avenida, Bandeirantes e Vivendas da Serra, locais estes, onde se verifica a abertura de sucessivos loteamentos.

Desse modo, pode-se apontar que o crescente adensamento populacional verificado na bacia em estudo reflete-se na expansão e intensificação ocupacional das zonas periféricas, ou seja, de áreas de encostas íngremes, evidenciando assim, um quadro caracterizado por uma gestão deficiente e não integrada do espaço, a qual deveria, em tese, limitar, direcionar e participar, de forma ativa, do processo de urbanização.

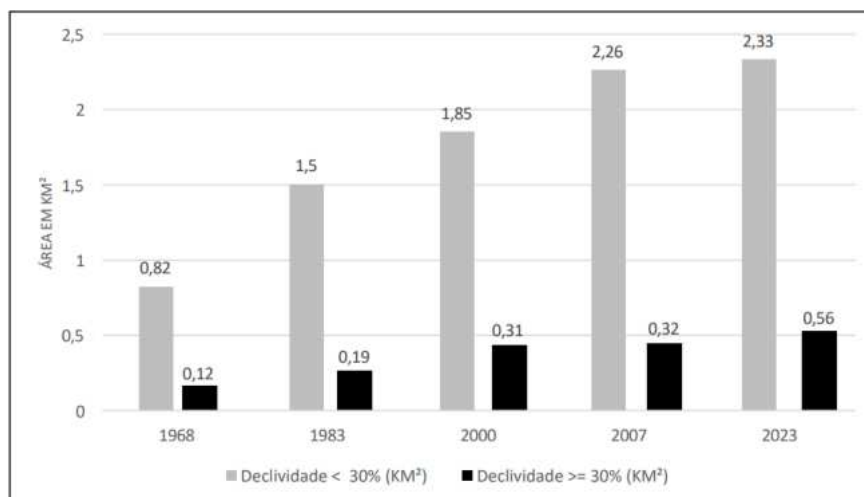


FIGURA 4 - Evolução das áreas que não possuem restrição ao parcelamento e uso do solo (Cinza), e das áreas que possuem restrição ao parcelamento e uso do solo (Preto). Elaboração própria.

Há de se ressaltar também, apesar de não conceber-se como foco da presente pesquisa, que o aumento da ocupação, a montante da bacia, influencia de forma direta em consequências à jusante da mesma, principalmente, no que se refere ao estabelecimento de episódios correlatos a enchentes e inundações. Tal conjuntura é propiciada pela presença de um modelo de ocupação, caracterizado pela remoção da cobertura vegetal e pela sua substituição por superfícies impermeabilizadas, as quais, responsabilizam-se pela diminuição do processo de infiltração e, por conseguinte, no aumento do escoamento superficial, contribuindo assim para a deflagração dos fenômenos mencionados anteriormente.

CONCLUSÕES

O presente trabalho proporcionou uma compreensão mais sólida e uma associação mais clara entre os fatores geomorfológicos e os aspectos legais do parcelamento e uso do solo. Isso se mostrou extremamente valioso para orientar a adoção de medidas embasadas em procedimentos técnicos na identificação de áreas que sofreram degradação, ao longo dos períodos estudados.

Nessa conjuntura, observa-se que a ausência de um planejamento adequado, em termos de gestão ambiental e urbana, resulta na implementação e promoção de projetos mal estruturados, o que impulsiona a (re)organização do espaço físico, intensificando e acelerando os processos mencionados anteriormente. Esses processos representam uma ameaça à vida humana, não estando em conformidade com os princípios estabelecidos pelas legislações de parcelamento e uso do solo. Portanto, faz-se necessário desenvolver planos futuros de contenção e requalificação urbana para áreas com vetores de crescimento urbano ou que estão consolidadas em locais com riscos geomorfológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. **Lei n. 6766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 20/12/1979. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm
- EPE (Empresa de Pesquisa Energética)/SONDOTÉCNICA. **Avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidroelétricos da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.** 2007.
- FELIPPE, M.F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais.** 2009. 275f. Dissertação (Mestrado em geografia) - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
- JUIZ DE FORA. **Lei n. 6908, de 31 de maio de 1986.** Dispõe sobre o parcelamento do solo no Município de Juiz de Fora. Tribuna de Minas. http://www.jflegis.pjf.mg.gov.br/c_norma.php?Chave=0000019206
- MARQUES NETO, R.O. Horst da Mantiqueira Meridional: Proposta de Compartimentação Morfoestrutural para sua Porção Mineira. **Rev. Bras. Geomorfol.**, São Paulo, v. 18, n.3, p. 561-577, jul.-set. 2017.
- MARTINS, R.N.S.; OLIVEIRA, I.J. de. Geotecnologias na Gestão e Planejamento do Espaço Urbano. *In*: XI Encontro Nacional da ANPEGE, , Presidente Prudente (SP), 9-12 out. 2015. **Anais...**, Presidente Prudente, 2015.
- NOGUEIRA, F.R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos:** contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal. 2002. 260f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2002.
- NUNES, L.H. **Urbanização e desastres naturais.** São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015.
- ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

CAPÍTULO 104

PIZZA TEMPORAL: UMA PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA PARA A EVOLUÇÃO TEMPORAL DE DADOS QUANTITATIVOS – ESTUDO DE CASO DE QUALIDADE DE ÁGUA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Lucas de Oliveira¹

Carla Bernadete Madureira Cruz²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Centro de Tecnologia. Escola Politécnica.
Av. Athos da Silveira Ramos, 149. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909.
lucasoliveira.eam@gmail.com.

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia.
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909.
carlamad@gmail.com.

RESUMO

No presente trabalho, propõe-se uma nova técnica de representação de dados para a cartografia temática, focada menos em detalhes espaciais e mais na compreensão de processos no espaço e ao longo de sucessivos instantes ou períodos de tempo. Para exemplificar o potencial da técnica, analisa-se a evolução temporal de uma classificação adaptada do Índice de Qualidade de Água da estadunidense *National Sanitation Foundation* (IQA_{NSF}), aplicada ao parâmetro demanda bioquímica de oxigênio, dos registros da rede de monitoramento sistemático de qualidade de água do Instituto Estadual do Ambiente, que possui estações de monitoramento distribuídas pelas nove regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Com a técnica, foi possível analisar e comparar padrões temporais e espaciais, relativos à qualidade das águas interiores, tanto entre regiões hidrográficas como entre locais de uma mesma região hidrográfica, dispensando-se a necessidade de múltiplos mapas, um para cada período de tempo.

Palavras-chave: cartografia temática; qualidade de água; séries temporais; programação em Python; inovação.

ABSTRACT

In the present work, a new data representation technique for thematic cartography is proposed, focusing less on spatial details and more on understanding processes in space and over successive moments or periods of time. To illustrate the potential of the technique, the temporal evolution of an adapted classification of the National Sanitation Foundation's Water Quality Index (IQA_{NSF}), applied to the biochemical oxygen demand parameter, is analyzed using records from the systematic water quality monitoring network of the State Institute of Environment. This network has monitoring stations distributed across the nine hydrographic regions of the State of Rio de Janeiro. With this technique, it was possible to analyze and compare temporal and spatial patterns related to the quality of inland waters, both between hydrographic regions and between locations within the same hydrographic region, eliminating the need for multiple maps, one for each time period.

Keywords: thematic cartography; water quality; time series; programming in Python; innovation.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observamos um extraordinário aumento da taxa de criação de dados brutos em todos os setores da sociedade. No âmbito da cartografia, esse crescimento tem sido impulsionado pela digitalização de dados, provenientes de uma variedade de fontes, incluindo sensores remotos e sistemas de posicionamento global. A disponibilidade desses dados, em larga escala, oferece

grandes oportunidades para a criação de mapas mais detalhados e precisos, permitindo análises espaciais avançadas e a visualização de tendências e padrões geográficos, de modo mais eficaz. No entanto, isso também apresenta desafios técnicos, como o gerenciamento eficiente de grandes conjuntos de dados geoespaciais e a necessidade de ferramentas analíticas robustas para extrair eficientemente informações relevantes desses conjuntos.

O presente trabalho propõe uma nova técnica de representação de dados para a cartografia temática, focada menos em detalhes espaciais e mais na compreensão de *processos no espaço e no tempo*. Com ela, torna-se possível analisar tais processos, não em um único instante, mas ao longo de *sucessivos* instantes ou períodos. Trata-se da exibição de séries temporais, em um único mapa, por meio de gráficos de pizza pontuais ou internos a vetores poligonais.

A explicação e exibição da referida representação foi realizada, com base em uma análise de dados de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), medidos pela rede de monitoramento de qualidade de água do Instituto Estadual do Ambiente (Inea-RJ), nas nove regiões hidrográficas (RHs) do Estado do Rio de Janeiro, e classificados por uma adaptação do Índice de Qualidade de Água da estadunidense *National Sanitation Foundation* (IQA_{NSF}) (Rio de Janeiro, 2019). Conforme Libânio (2010), a DBO indica a quantidade de oxigênio necessária, para que os microrganismos decomponham a matéria orgânica carbonácea, presente em uma amostra de água, sendo um indicador importante da poluição orgânica em um corpo d'água, proveniente de sua bacia de contribuição. Altos valores de DBO apontam para possível diminuição do oxigênio dissolvido na água, o que pode afetar a vida aquática. As RHs, por sua vez, são bacias ou grupos de bacias contíguas com características naturais, sociais e econômicas similares, e visam orientar a gestão de recursos hídricos por parte do Poder Público (Rio de Janeiro, 2014).

METODOLOGIA

Para a construção deste trabalho, foram baixados três arquivos relativos a: (1) dados brutos de monitoramento sistemático de águas do Inea, no período de 2012 a 2022; (2) malha vetorial das nove RHs do Estado do Rio de Janeiro, da Gerência de Análises, Diagnósticos e Geoprocessamento (GADG/Ministério Público do RJ); e (3) malha vetorial da malha censitária de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Além destes arquivos, duas ferramentas foram utilizadas: a linguagem de programação Python e o *software* QGIS.

No QGIS, criou-se o arquivo vetorial de estações de monitoramento, a partir da planilha de coordenadas geográficas das estações, presente no arquivo do Inea. O arquivo vetorial foi editado, a fim de manter apenas as estações georreferenciadas e que não se encontram no mar, ou em lagoas a ele ligadas, nem em rios, que separam RHs. Com o uso do Python, os registros de monitoramento foram filtrados para conter apenas aquelas estações. Pequenas correções foram realizadas, quanto aos erros de digitação, descartando-se as estações com erros de digitação nos registros que comprometem a sua identificação, na tabela de coordenadas geográficas, que aponta a existência de 321 estações. Ao final, das 397 estações identificadas na base de dados bruta, 63 possuíam erros de digitação comprometedores de sua identificação, tendo sido 9 corrigidas, 111 estavam em água salgada e 19 em divisas entre RHs, restando apenas 195 estações para os próximos passos. Dos diversos parâmetros monitorados pelas estações, optou-se pela DBO, por sua relevância na indicação de poluição de corpos d'água.

Desta forma, a Figura 1 esquematiza o agrupamento de dados, que permite uma exibição sintetizada da evolução temporal da DBO (ou de qualquer outro parâmetro) nas estações e, em escala regional, nas RHs. Conforme o arranjo de dados no canto superior esquerdo, o registro temporal das k estações de uma dada RH pode ser dividido em n períodos, que podem ser semanas, meses, trimestres etc. Análogo a um relógio, o tempo começa e termina na marcação de "12 horas", girando no sentido horário. No contexto deste trabalho, as fatias são períodos sazonais: seco do ano X , de 1º abril a 30 de setembro de X ; e chuvoso do ano X , de 1º de outubro de X a 31 de março de $X+1$.

Após a divisão, os dados de cada estação podem ser agrupados temporalmente por uma função específica, como média, mediana, soma, etc. No caso, optou-se pela mediana, e tem-se no arranjo do canto superior direito, uma matriz com k linhas e n colunas. O resultado são as pizzas temporais, centradas nas estações, cujas fatias de tempo, ligadas a uma paleta de cores, podem representar quantidades ou classes ligadas a quantidades. No presente trabalho, em períodos com ausência parcial de dados (mínimo de uma observação), a mediana foi obtida, ignorando-se esses vazios e, em períodos com total falta de dados, a mediana, em si, resultou em vazio (sem dado).

Por fim, é possível ainda, se fazer o agrupamento espacial dos dados, para se criar uma matriz 1 por n , exibida na forma de uma pizza temporal regional, interna ao (multi)polígono da RH e seguindo a mesma lógica de fatias das pizzas das estações. Ao se exibir tanto as pizzas das estações como a da RH, da qual fazem parte, pode-se analisar como as partes impactam no todo, em diferentes escalas, tendo como objetos de análise comparativa, as próprias RHs ou estações.

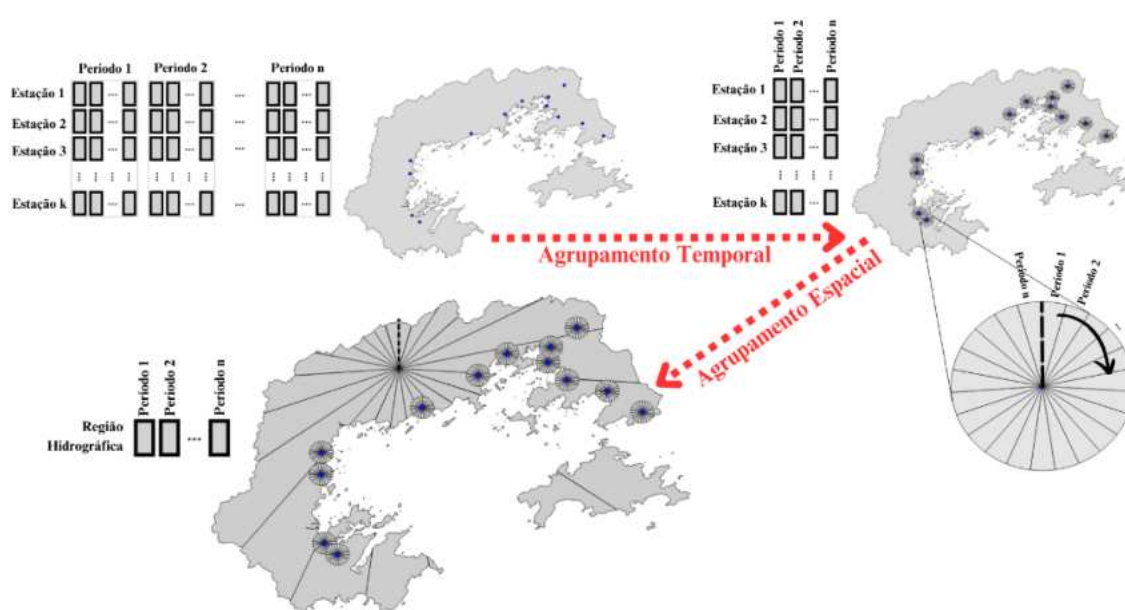


FIGURA 1 - Esquema de agrupamentos temporal e espacial dos dados de um parâmetro medido pela rede de monitoramento de qualidade de água do Instituto Estadual do Ambiente, com exibição em gráficos de pizza temporais. Elaboração própria.

Cada pizza é um multi-polígono, criado em Python, e, no caso de pizza para um vetor poligonal (uma RH, no caso), o centro é determinado através do teste de criação de pizzas, a partir de w pontos, distribuídos aleatoriamente sobre a extensão interna do (multi)polígono, de modo que, se A_s é a área da menor fatia da pizza interna, irradiada a partir do ponto aleatório S , o ponto escolhido T é aquele, em que $A_T > A_U$ ($\forall U \leq w$, $U \neq T$). Se w for suficientemente grande, isso assegura que o ponto T forneça uma das melhores visualizações possíveis da pizza regional.

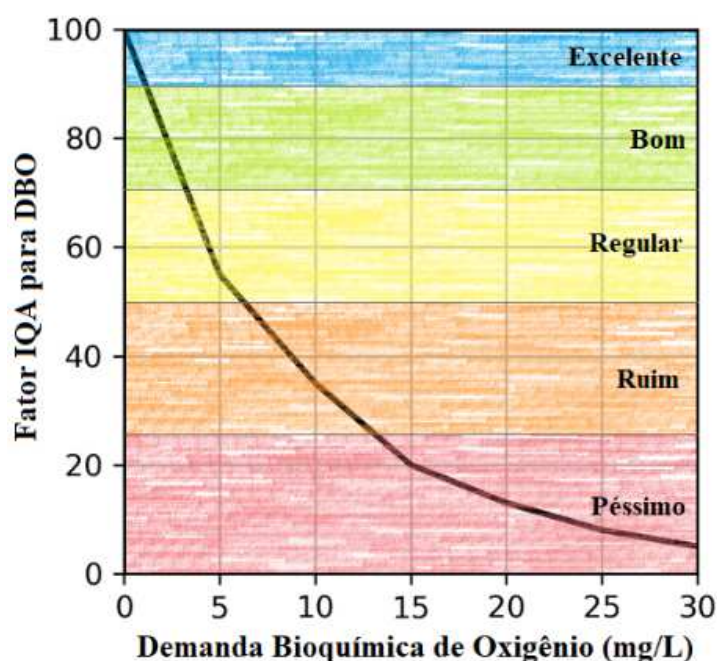
Nos exemplos deste trabalho, a paleta de cores das fatias provém da classificação do Índice de Qualidade de Água (IQA) utilizado pelo Inea e baseado em metodologia da estadunidense *National Sanitation Foundation* (IQA_{NSF}). Nessa metodologia, nove variáveis são consideradas as mais representativas da qualidade de água (dentre elas, a DBO) e, para cada uma, existe uma curva de pontuação de qualidade, de 0 a 100. Assim, dada uma amostra de água, após os valores das nove variáveis serem convertidos em pontuações, eles são exponenciados a seus respectivos pesos e executa-se um produtório dos novos valores (Rio de Janeiro, 2019). O resultado, obrigatoriamente entre 0 e 100, é o valor IQA_{NSF} da amostra de água. A classificação é exibida na Tabela 1.

TABELA 1 - Tabela de classificação de qualidade de água conforme os valores IQA_{NSF} .

Categoria de Resultados	IQA_{NSF}	Faixas
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$	
BOA	$90 > IQA \geq 70$	
MÉDIA	$70 > IQA \geq 50$	
RUIM	$50 > IQA \geq 25$	
MUITO RUIM	$25 > IQA \geq 0$	

Fonte: Rio de Janeiro (2019).

No presente trabalho, fez-se uma adaptação dessa metodologia: os próprios valores de DBO, após passarem pela conversão de sua curva de pontuação (ver Figura 2), foram categorizados como de muito ruim (ou péssimo) a excelente, conforme a Tabela 1. Isso foi feito, no lugar da obtenção do IQA_{NSF} , porque a quantidade significativa de vazios, tanto nos registros de DBO como nos dos outros oito parâmetros do cálculo do índice, aumentaria o número de resultados vazios, a serem agrupados, temporal e espacialmente, pois a presença de um único parâmetro vazio, em um certo instante, inviabiliza o cálculo do IQA_{NSF} para aquele instante. Ao final, perder-se-ia muita informação.

**FIGURA 2** - Curva de pontuação IQA_{NSF} para os valores de DBO. Fonte: adaptado de Rio de Janeiro (2019).

RESULTADOS

Na Figura 3, há dois mapas temáticos que representam séries temporais através de pizzas internas a polígonos. No mapa maior, pode-se ver a evolução temporal da classificação IQA_{NSF} das medianas de DBO ($IQA_{NSF-DBO}$) de cada RH do Estado do Rio de Janeiro, que são resultado dos agrupamentos temporal (sazonal) e espacial (regional) das pontuações $IQA_{NSF-DBO}$ dos registros das estações. Pode-

se observar a presença significativa de períodos sem dados, estes, consecutivos ou quase consecutivos, a partir do período seco de 2020, conforme a angulação das fatias ("9 horas" do relógio). Essa ausência de dados (quase) consecutiva ocorre especialmente nas RHs IV, VII e IX. Além disso, é notável o contraste da RH V, onde se situa a região metropolitana do Estado, em relação às demais RHs, pois suas medianas mantêm a pior classificação, por quase toda a série temporal.

Por outro lado, no mapa menor, é exibida a série temporal do percentual de estações, por RH, das quais se tem registro de DBO. Assim, como no mapa maior, pelas angulações das fatias, pode-se ver como o fim da série temporal possui lacunas para a maior parte das RHs, a partir do período seco de 2020. Em comparação com o mapa maior, é possível ver que os valores de $IQA_{NSF-DBO}$ das RHs II e IV atingem valores mais baixos, quando atingem cobertura de medição um pouco mais baixa. Situação oposta, ocorre com a RH VI, em que as classificações ruins de $IQA_{NSF-DBO}$ coincidem com o aumento do percentual de estações de medição de DBO, em atividade na região. A escala de RHs demanda os agrupamentos temporal e espacial para uma visualização mais adequada dos dados, em que se visa uma comparação preliminar entre RHs. Por outro lado, pode-se, ao se focar em apenas uma RH, preservar a individualidade das estações e executar uma análise comparativa entre a evolução da classificação dos $IQA_{NSF-DBO}$ da RH e a das estações que a ela pertencem, de modo mais aprofundado.

Na Figura 4a, pode-se observar com mais detalhes, a relação entre cobertura espacial de medições e classificações de $IQA_{NSF-DBO}$ na RH VI. Conforme já visto na Figura 3, na maior parte dos dez anos de medições, as medianas regionais do parâmetro DBO apresentam valores classificados como bons, mas elas pioram bruscamente no quarto final da pizza. Observando-se a evolução temporal de classificação das estações na Figura 4a, pode-se notar que essa piora coincide com os períodos, em que entram em atividade as estações da área mais densamente ocupada da RH, onde estavam quase todas sem registrar dados de DBO, desde o início da série temporal. Neste sentido, é de grande relevância que se tenha perenidade de medições na rede de monitoramento, especialmente, nos locais em que os corpos d'água sofrem mais os impactos das atividades humanas.

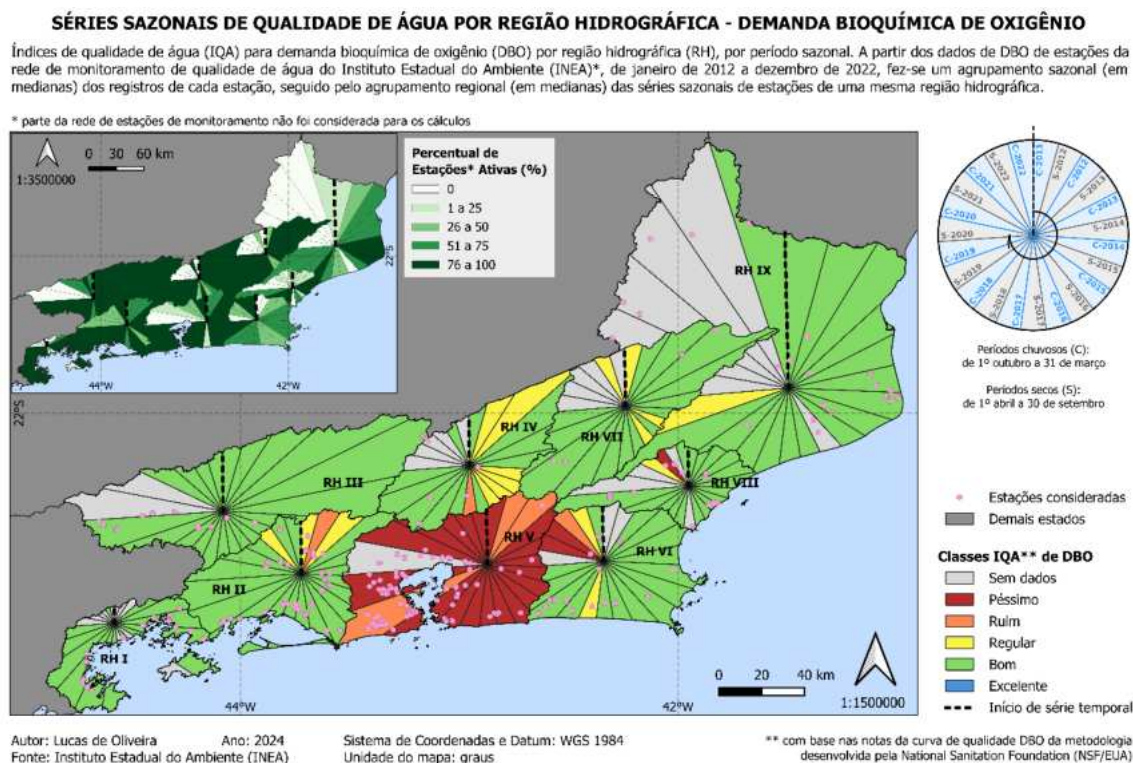


FIGURA 3 - Séries sazonais de classificação de $IQA_{NSF-DBO}$ e de quantidade relativa de estações ativas por região hidrográfica do Estado do Rio de Janeiro. Elaboração própria.

A Figura 4b exibe, em mais detalhes, a marcante baixa qualidade de água da RH V, no tocante à DBO. Pode-se notar que as estações com os piores resultados de qualidade se encontram nas áreas mais densamente ocupadas, principalmente, a oeste da Baía de Guanabara, enquanto que as áreas mais a norte/nordeste da baía, próximo à Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, ou mais distantes, a leste, possuem estações com resultados significativamente melhores. Além disso, é notória a quantidade de vazios nos registros de muitas das estações dessa RH, principalmente, em 2020.

No tempo, não fica clara qualquer tendência de melhora ou piora da qualidade nas estações, em geral, mas muitas estações apresentam alternância entre períodos de qualidade regular/boa e períodos de qualidade ruim. Para parte dessas estações, os períodos com qualidade mais baixa são os períodos chuvosos da série, o que é esperado, dado que as chuvas resultam em mais matéria orgânica carregada para a calha dos corpos d'água.

O agrupamento dos dados por medianas, em vez de por médias, visou fornecer resultados sem interferência de eventuais valores extremos na distribuição de DBO para cada período e estação. Além disso, enfatizou-se essas duas RHs porque a RH VI mostra como os componentes de um agrupamento podem impactar em seus resultados, levando a(o) analista a falsas impressões, em uma análise preliminar (Figura 3), ao passo em que é na RH V, que se situa a região metropolitana, permitindo ver como é a relação entre uma área de densa ocupação urbana insustentável e a sua respectiva qualidade de água.

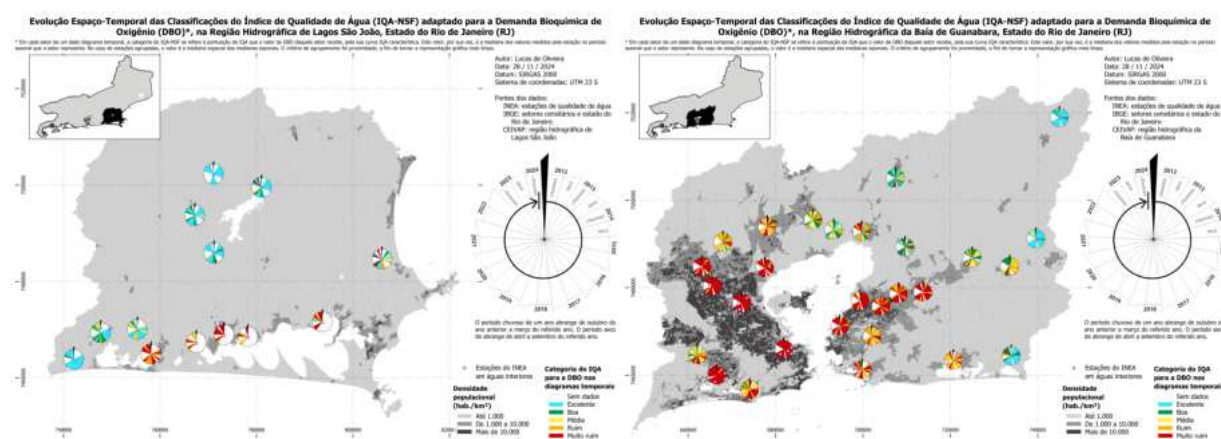


FIGURA 4 - Séries sazonais de classificação de $IQA_{NSF-DBO}$ das estações da região hidrográfica:
(a) Lagoa São João (esq.) e (b) Baía de Guanabara (dir.). Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, buscou-se a proposição de uma nova técnica de representação de dados para a cartografia temática, focada menos em detalhes espaciais e mais na compreensão de processos no espaço e em sucessivos instantes de tempo. Para exemplificar o potencial dessa técnica, fez-se a análise de dados de demanda bioquímica de oxigênio, medidos pela rede de monitoramento de qualidade de água do Instituto Estadual do Ambiente nas nove regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

Com a técnica, foi possível comparar a evolução temporal das classificações de $IQA_{NSF-DBO}$ das RHs do Estado do Rio de Janeiro, bem como a evolução da cobertura espacial dos registros das estações, analisando-se as diferenças entre as regiões. Ao se focar em apenas uma RH e projetar nela, a malha censitária, pôde-se exibir as classificações das medianas sazonais de cada estação, assim como

observar que as estações com os piores resultados e mais lacunas de dados se situam nas áreas mais densamente ocupadas, no caso das RHs V e VI. Em ambas, não ficou evidente nenhuma tendência de mudança dos valores de qualidade para as estações em geral, mas, para algumas estações, pôde-se notar uma alternância desses valores, coincidente com a alternância sazonal, com a classificação piorando em períodos chuvosos.

De modo geral, uma pizza temporal é uma plataforma de exibição de séries temporais, referente a um ponto do mapa. Assim, suas fatias podem representar uma diversidade de variáveis, como temperaturas máximas, pluviometria, número de chuvas acima da média para o período, entre outros, muitas vezes dispensando a necessidade da criação de múltiplos mapas para analisar processos no tempo. Assim sendo, no tocante à representação de processos no tempo, possivelmente, colocando, em segundo plano, a precisão de análise sobre cada componente e priorizando a compreensão de tendências, o presente trabalho busca contribuir para a cartografia temática, frente ao desafio da atualidade, para se lidar com informações interligadas e em grandes volumes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

RIO DE JANEIRO (ESTADO). **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro — R2-F - Caracterização Ambiental**. Rio de Janeiro: Secretaria de Meio Ambiente, 2014. <https://www.agevap.org.br/downloads/Diagnostico-Characterizacao-Ambiental.pdf>

RIO DE JANEIRO (ESTADO). **Índice de Qualidade de Água NSF (IQA_{NSF})**. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente, 2019. <https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IQA-NSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>

CAPÍTULO 105

TRABALHO DE CAMPO COMO FERRAMENTA DE VALIDAÇÃO PARA MAPAS DE USO E COBERTURA DA TERRA

Suelen Medeiros Castro de Oliveira¹

Isabela Habib Canaan da Silva¹

1. Universidade da Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Faculdade de Formação de Professores (FFP). Departamento de Geografia. R. Francisco Portela, 1470. Patronato. São Gonçalo. RJ. CEP: 24435-005. suelen03geo@gmail.com; isabelahabib@gmail.com.

RESUMO

Estudar e planejar o uso do espaço geográfico é de suma importância, principalmente, para a prevenção e a mitigação de problemas socioambientais. Tendo grande relevância, realizar a espacialização da dinâmica da cobertura natural, bem como os usos atribuídos a ela. Assim, surgem os mapas de usos e cobertura da terra, que permitem analisar a espacialização dos corpos naturais e os usos a eles dados. Contribuindo para esses estudos, surgiu o projeto MapBiomias, que produz mapas de uso e cobertura da terra, em escala 1:100.000, anualmente, com cobertura temporal de dados de 1985 até os dias atuais. Entretanto, além de realizar o mapeamento e analisar os dados, é necessário validar, ou seja, verificar se o resultado do mapeamento está condizente com a realidade. Dessa forma, apropriando-se do mapeamento do MapBiomias e buscando validá-los para a pesquisa, que está em andamento, sobre as mudanças de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Litoral Leste do estado Rio de Janeiro, este trabalho objetivou mostrar que a prática do trabalho de campo pode ser uma excelente metodologia para validar os mapas de uso e cobertura da terra. Os trabalhos de campo realizados mostraram que o mapeamento do MapBiomias possui erros aceitáveis, considerando-se a escala. Assim, após a correção dos erros de classificação, será possível continuar a pesquisa.

Palavras-chave: mapa de uso e cobertura da terra; trabalho de campo; bacias hidrográficas.

ABSTRACT

Study and plan the use of geographic space is extremely important, mainly for the prevention and mitigation of socio-environmental problems. It is very important to spatialize the dynamics of natural coverage, as well as the uses attributed to it. Thus, land use and cover maps emerge, which allow analyzing the spatialization of natural bodies and the uses given to them. Contributing to these studies, the MapBiomias project emerged, which produces land use and cover maps on a scale of 1:100,000 annually and has data from 1985 to the present day. However, in addition to carrying out the mapping and analyzing the data, it is necessary to validate and verify whether the mapping result is consistent with reality. In this way, appropriating the MapBiomias mapping and seeking to validate them for the ongoing research on changes in land use and cover in the river basins of the East Coast of the state of Rio de Janeiro, this work aimed to show that the practice of Fieldwork can be an excellent methodology for validating land use and cover maps. The fieldwork carried out showed that the MapBiomias mapping has acceptable errors, considering the scale. This will allow the research to continue after correcting classification errors.

Keywords: land use and cover map; fieldwork; watersheds.

INTRODUÇÃO

Muitos problemas socioambientais existentes atualmente estão atrelados ao uso inadequado do espaço geográfico, por meio dos agentes sociais. Espacializar, a partir dos mapas de uso e cobertura da terra, é de grande valia, pois estes, buscam espacializar a cobertura natural da terra e as formas dadas a ela. Analisando os mapas, podem ser compreendidas as mudanças, prever as tendências e mitigar os problemas ambientais. No entanto, é imprescindível, ao realizar um mapeamento, verificar a veracidade dos fatos, validando-os. Isso pode ser feito de várias maneiras. No caso desse trabalho, a metodologia para validação foi o trabalho de campo.

O recorte espacial estudado é o Litoral Leste do estado do Rio de Janeiro, que possui uma enorme biodiversidade e que teve vários usos, ao longo do tempo. Também compreendendo a importância das bacias hidrográficas, como unidades de planejamento ambiental, como previsto na lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que informa que a bacia hidrográfica é definida como a unidade de planejamento e gestão das águas, considerando a integração e a influência dos diversos elementos componentes desse recorte espacial aos recursos hídricos (Carvalho, 2020, p. 142), ou seja, as bacias hidrográficas compreendem toda a área de drenagem dos rios e afluentes e também engloba todos os usos na área da bacia hidrográfica, que influenciam nesse sistema. Dessa maneira, foram adotados para este estudo, as dez bacias hidrográficas existentes no Litoral Leste do estado do Rio de Janeiro.

O presente estudo teve início com a análise temporal das mudanças, ocorridas entre 1985 até 2022, tendo sido os mapas, elaborados com os dados do MapBiomias, projeto que, desde 2015, disponibiliza os mapas de uso e cobertura da terra de todo o Brasil, em escala 1:100.000 (Gomes *et al.*, 2017; MapBiomias, 2023).

Torna-se necessário realizar a validação dos mapeamentos produzidos, pois, em muitas vezes, o processamento das imagens de sensoriamento remoto pode apresentar algumas falhas de classificação, que precisaram ser corrigidas. Nesse sentido, o trabalho de campo, uma prática, por vezes, esquecida na atualidade, pode ser uma excelente ferramenta para validar o mapeamento, além de verificar quais as questões por trás dos usos do espaço.

METODOLOGIA

No passado, a ciência Geográfica utilizava, com frequência, o trabalho de campo, como metodologia investigativa, no entanto, com o passar do tempo, foi visto como o próprio método da geografia, adotando um caráter plenamente empirista, de descrição da paisagem (Aletejano; Rocha-Leão, 2006). Como Lacoste (1988) afirmou que os estudos da geografia eram para fazer a “descrição metodológica dos espaços, tanto sob os aspectos que se convencionou chamar de ‘físicos’, como sob suas características econômicas, sociais, demográficas, políticas”. No entanto, A pesquisa de campo é um meio e não um objetivo, em si mesma. (Kaiser, p. 97, 1985). Outra questão foi o avanço da tecnologia da informação, os usos dos sistemas de informação geográfica (SIG) e o aprimoramento dos modelos matemáticos, que contribuíram para que os trabalhos de campo caíssem em desuso, por meio da comunidade científica geográfica.

A partir da década de 1970 na hegemonia da Geografia Teorético-Quantitativa, quando os trabalhos de campo passaram a ser execrados e praticamente riscados do mapa das práticas dos geógrafos, sob o argumento de que as tecnologias da informação e os modelos matemáticos seriam instrumentos mais adequados para a investigação da realidade. (Aletejano; Rocha-Leão, 2006, p. 55)

As novas tecnologias são sim importantes, mas não podem ser o fim, em si mesmas. Existe a necessidade de pensar o uso das novas tecnologias. Sem dúvida, não devemos descartá-las. Devemos utilizá-las, a serviço de nossas escolhas (Suertegaray, 2009). Assim como, o trabalho de campo não pode ser mero exercício de observação da paisagem, mas partir desta, para compreender a dinâmica do espaço geográfico, em um processo mediado pelos conceitos geográficos (Aletejano; Rocha-Leão, 2006)

Em concordância com o que foi exposto acima, essa pesquisa buscou realizar trabalhos de campo para validar o mapeamento realizado, mas também para compreender a dialética existente no espaço. Visando identificar erros nos dados do MapBiomias, como também perceber as mudanças e quais os agentes espaciais que estavam produzindo o espaço.

MATERIAIS E MÉTODOS

Por meio das imagens da Coleção 8 do MapBiomas, foram elaborados dois mapas de uso e cobertura da terra, o primeiro, espacializando os usos de 1985, e o segundo, de 2022. O projeto disponibiliza gratuitamente os dados na sua plataforma Web (<https://brasil.mapbiomas.org/>) e conta com um *plugin* no SIG QGIS.

Em seguida, as imagens do MapBiomas foram recortadas pela camada máscara com a sobreposição da camada de bacias hidrográficas do litoral do Estado do Rio de Janeiro, elaborado pelo grupo de pesquisa *Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento* (DAGEOP-FFP-UERJ). Depois dos recortes, as imagens foram tratadas e as cores e nomes das classes foram formatados, de acordo com a tabela de legenda disponível pelo MapBiomas. Ao todo, são 16 classes: formação florestal, mangue, reflorestamento, campo alagado, pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, dunas de praia/areal, área urbanizada, outras áreas não vegetadas, afloramento rochoso, mineração, aquicultura, salina, rio - lagoa ou oceano, outras lavouras temporárias e restinga. Em seguida, teve-se a elaboração do mapa com todos os ajustes necessários, colocando os elementos cartográficos, tais como: título, escala, orientação, localização, informações cartográficas e legenda.

Com a elaboração do mapa e análise das mudanças, foram realizados trabalhos de campo para validação dos mapas. Foram realizados cinco trabalhos de campos, cada um, em uma bacia hidrográfica diferente. Os pontos e trajeto dos trabalhos de campo foram determinados previamente, utilizando o Google Earth.

RESULTADOS

Primeiramente, foram analisadas as mudanças de uso e cobertura da terra, entre 1985 (Figura 1) até 2022 (Figura 2), a partir dos mapas elaborados com os dados do MapBiomas.

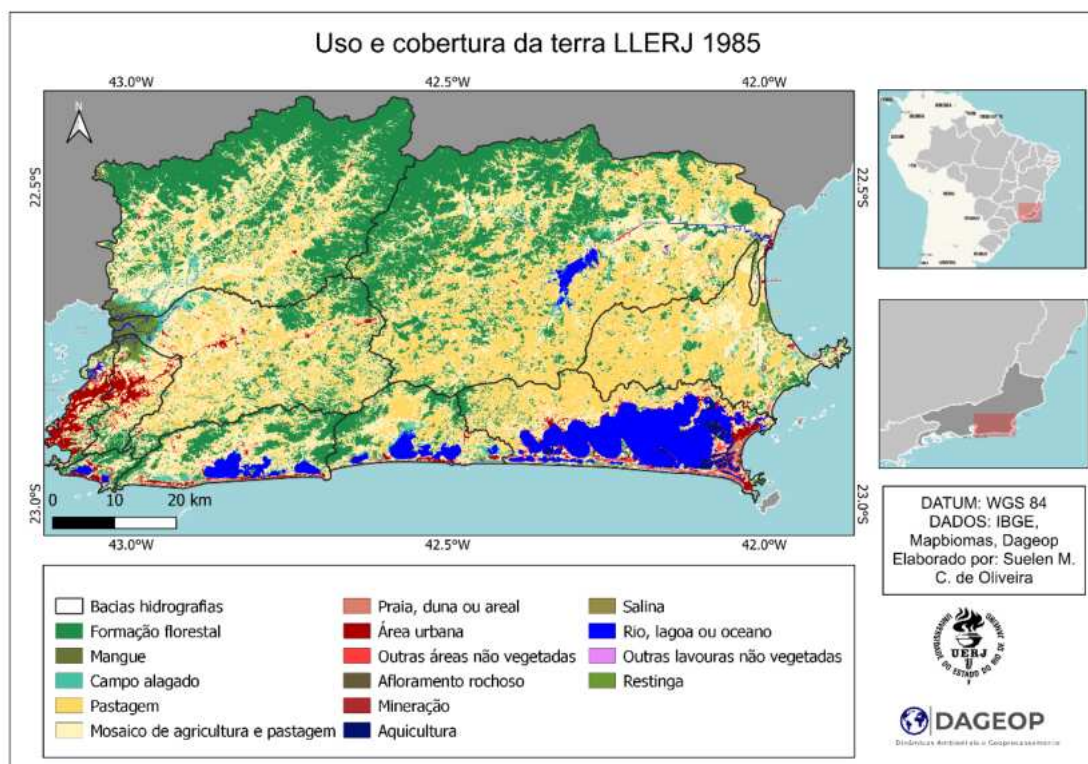


FIGURA 1 - Mapa de uso e cobertura da terra - 1985. Elaboração própria.

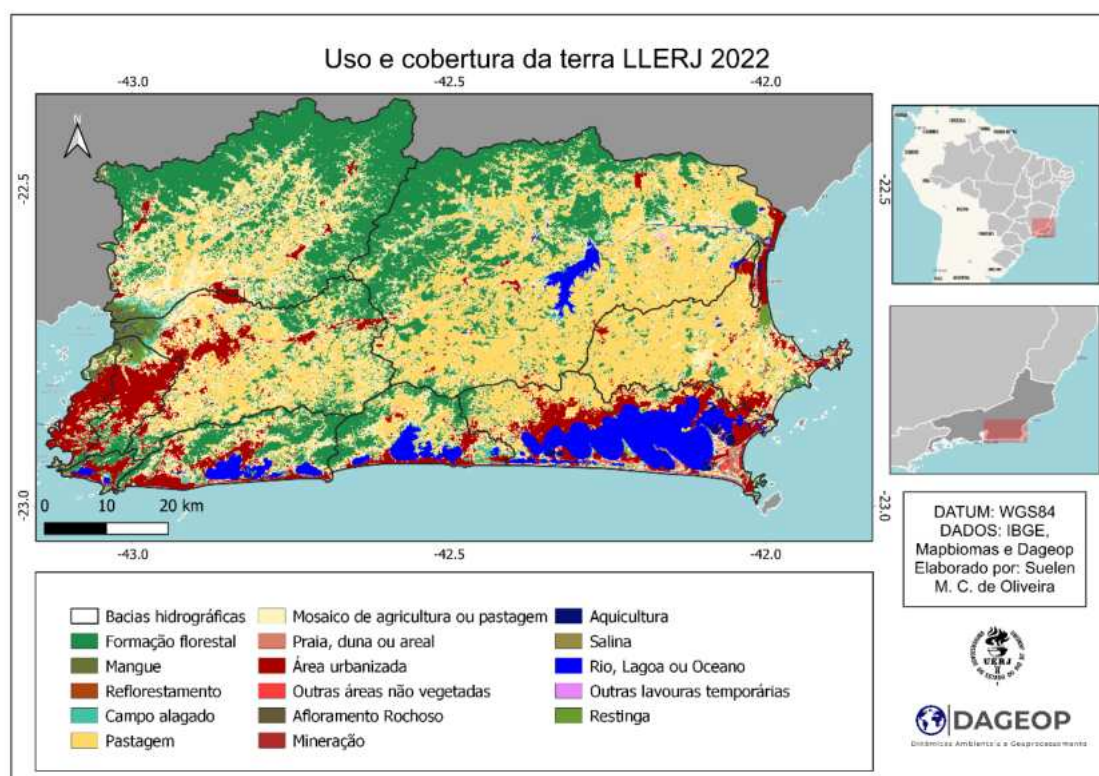


FIGURA 2 - Mapa de uso e cobertura da terra - 2022. Elaboração própria.

Foram realizados cinco trabalhos de campo, iniciando em fevereiro e terminando em setembro de 2023 (Figura 3). Os trabalhos de campo contaram com a presença de um professor/pesquisador, que estudava a bacia hidrográfica visitada. Assim, foi possível entender algumas questões sociais existentes no espaço.

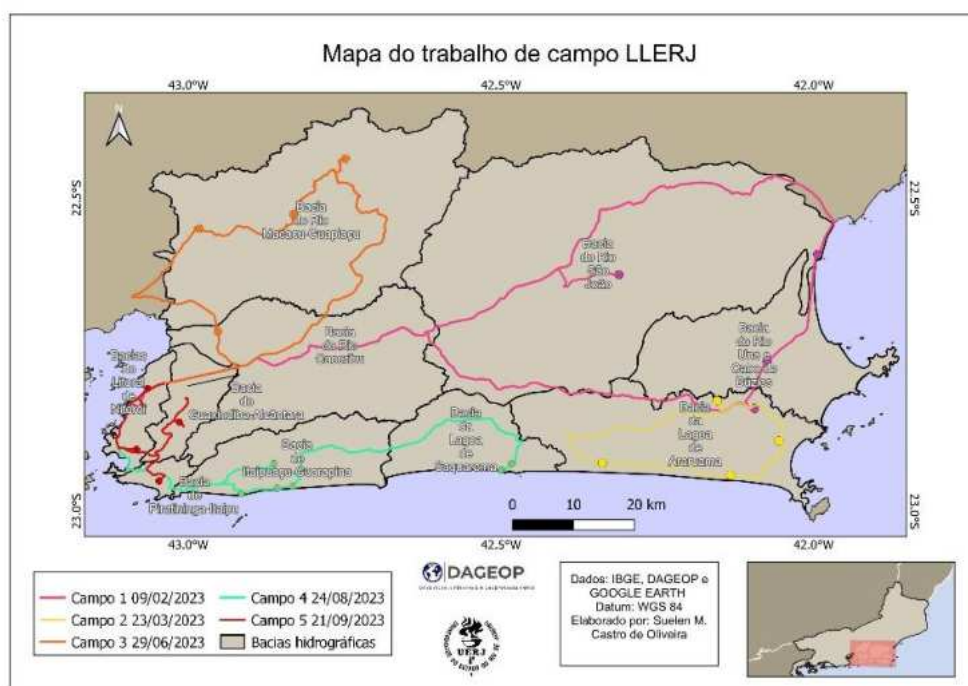


FIGURA 3 - Trabalhos de campo. Elaboração própria.

O primeiro trabalho de campo foi na Bacia do Rio São João e Bacia do Rio Una e Cabo de Búzios, os pontos visitados foram: a lagoa de Juturnaíba, onde ocorria muito campo alagado e mosaico de agricultura e pastagem, em 1985, sendo que, em 2022, percebeu-se o aumento do lago artificial e a diminuição do campo alagado. O segundo ponto, foi a foz do rio São João, que teve um grande aumento da área urbanizada, próximo aos meandros do rio e perto da praia. O terceiro ponto, foi na bacia do Rio Una Cabo de Búzios, onde na Coleção 6 do MapBiomias mostrava a área como formação florestal e, na Coleção 8, mostrava como mosaico de agricultura; e, durante o campo, percebeu-se que era uma área de reflorestamento, sob a administração da empresa Gonda Ltda. (Figura 4).



FIGURA 4 - Extrativismo de Eucalipto. Elaboração própria.

O segundo campo, foi na Lagoa de Araruama, onde foi verificada a maior quantidade de pontos com erros, na legenda do MapBiomias, pois grandes áreas salinas ativas e inativas (Figura 5) foram interpretadas como tanques de aquicultura. Incluindo a área de produção salina da Sal Cisne.



FIGURA 5 - Salinas em Monte Alto - RJ. Elaboração própria.

Outra questão observada nessa bacia hidrográfica foi a presença da espécie vegetal invasora Casuarina, sendo interpretada como restinga arborizada, no entanto, é uma espécie que ameaça a restinga nativa da região dos lagos.

O terceiro campo foi nas bacias hidrográficas de Caceribu e do Macacu Guapiaçu, nessa bacia, nenhum erro foi observado. Mas questões sobre o uso da água foram consideradas. Nessas bacias, muitos dos rios possuem adutoras (Figura 6) e possuem parte da sua água destinada ao uso industrial e urbano. Sendo que pequenos agricultores possuem dificuldade no acesso a essa água.

Já o quarto campo, foi nas bacias hidrográficas do Itaipuaçu, Guarapina e Lagoa de Saquarema, para as quais, também não foi observado erro em relação ao MapBiomias.

Uma das classes que mais avançou foi a área urbanizada. Nessa bacia, existe uma grande tensão, por causa do avanço imobiliário, que gera demanda de uso das áreas das dunas e dos brejos.

No último ponto, as bacias hidrográficas do Litoral de Niterói e a Bacia do Guaxindiba Alcântara foram visitadas. Nestas, os erros em relação ao MapBiomas também não foram observados. Sem dúvida, essas são as bacias que possuem maior quantidade da classe área urbanizada e a que possui muitos problemas socioambientais, tais como as enchentes (Figuras 7A e 7B) e o deslizamento.



FIGURA 6 - Adutoras nas bacias de Caceribu e Macacu Guapiaçu. Elaboração própria.



FIGURA 7 – A) Enchente em Alcântara (esq.) e B) rio Alcântara (volume normal) (dir.).

Acervo do DAGEOP.

CONCLUSÕES

Dessa forma, os trabalhos de campo contribuíram significativamente para a construção desta pesquisa, pois, a partir deles, é possível ter ciência sobre algumas questões sociais e, principalmente, sobre a confiabilidade do mapeamento do MapBiomas para pesquisas acadêmicas.

Verificou-se que o MapBiomas, considerando a escala, possui erros aceitáveis e que, por causa da sua continuidade anual, apresenta facilidade para as atualizações e as correções dos erros; demonstrando ser uma excelente ferramenta para estudos em escalas de áreas mais abrangentes.

A partir dos trabalhos de campo, pode-se perceber que as mudanças ocorreram (e continuam ocorrendo) sem planejamento, o que pode gerar (ou agravar) os problemas socioambientais, tornando indispensável, portanto, encaminhar a pesquisa, que ainda está em andamento, para o poder público e alertar a sociedade da importância do planejamento territorial nas bacias hidrográficas estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENTEJANO, P.R.R.; ROCHA-LEÃO, O.M. de. Trabalho de campo: uma ferramenta essencial para os geógrafos ou um instrumento banalizado? **Boletim Paulista De Geografia**, v. 84, p. 51-68, 2006.
https://publicacoes.agb.org.br/boletim_paulista/article/view/727
<https://territoriogoncalenseprovisorio.wordpress.com/2014/05/14/rio-alcantara-precisa-de-uma-nova-obra-de-dragagem-e-limpeza/>
- CARVALHO, A.T.F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, 2020.
- GOMES, S.O. *et al.* Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MapBiomias. *In*: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e do XXVI Exposita, Rio de Janeiro, 6-9 nov. 2017. **Anais ...**, SBC, Rio de Janeiro, 2017. p. 492-496.
- KAYSER, B. **O geógrafo e a pesquisa de campo**. São Paulo: AGB, 1985. (Seleção de Textos; 11)
- LACOSTE, Y. **A Geografia-isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. 9. ed. São Paulo: Papirus Editora, 1988.
- OLIVEIRA, S.M.C.; SILVA, L. O; SILVA, I. H. C. Mapa de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas do litoral leste fluminense com a utilização dos dados do MapBiomias. *In*: VI Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 17-21 out. 2022. **Anais...**, Geopartners, Rio de Janeiro, 2022.
<https://jgeotec.com.br/>
- PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**,
<https://brasil.mapbiomas.org/>
- SEABRA, V. da S.; ROCHA-LEÃO O.M. da; COSTA, F.H.L. Uso e Cobertura da Terra e Dinâmica Hidrológica nas Bacias Hidrográficas Urbanizadas do Leste Metropolitano do Rio de Janeiro. *In*: COSTA, A.; SCHNEIDER, L. (org.). **Rios urbanos: diferentes abordagens sobre as águas nas cidades**. Curitiba: Editora CRV, 2022. p. 161-179.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Pesquisa de Campo em Geografia. **GEOgraphia**, v. 4, n. 7, 2009. 64-68. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13423>

CAPÍTULO 106

USO DE SOLO EM ANGRA DOS REIS ENTRE OS ANOS 1985 E 2022

Andreza de Souza Dias¹
Gleide Alencar Nascimento Dias¹

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Instituto de Geociências. Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. Brasil. CEP: 21941-909.

RESUMO

Angra dos Reis, com uma história rica desde os tempos dos Tamoios até a era industrial, enfrentou mudanças significativas no uso do solo, devido ao crescimento populacional e à urbanização desordenada. Dito isso, para investigar a dinâmica de uso do solo, foi realizada uma pesquisa utilizando a plataforma Google Earth Engine e o algoritmo Random Forest, onde foi analisado o período de 1985 a 2022, revelando uma variedade de usos do solo, incluindo áreas urbanas, florestas, agrícolas e pastagens. Para isso, foram coletadas, aproximadamente, 30 amostras de cada classe, além de aplicação do índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Como resultado, foi possível observar que as unidades de conservação desempenharam um papel crucial na preservação da Floresta Atlântica, enquanto que eventos relevantes, como a abertura da BR-101 e a instalação de empreendimentos industriais, influenciaram a dinâmica da paisagem. A área urbana dobrou, de 1029 para 2406 hectares, enquanto que a população cresceu de 68.156 para 167.418 habitantes, refletindo a expansão da cidade, ao longo do tempo. Esses resultados destacam a importância do planejamento urbano e da gestão ambiental, enfatizando a necessidade de considerar aspectos socioambientais, áreas de proteção, terras indígenas e quilombolas, para um desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: uso do solo; Angra dos Reis; Google Earth Engine.

ABSTRACT

Angra dos Reis, with a rich history from the times of the Tamoios to the industrial era, has faced significant changes in land use due to population growth and uncontrolled urbanization. That said, to investigate the dynamics of land use, a study was conducted using the Google Earth Engine platform and the Random Forest algorithm, where the period from 1985 to 2022 was analyzed, revealing a variety of land uses, including urban areas, forests, agricultural and pasture lands. For this, approximately 30 samples were collected from each class, in addition to the application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). As a result, it was possible to observe that the Conservation Units played a crucial role in the preservation of the Atlantic forest, while events such as the opening of the BR-101 and industrial enterprises influenced the dynamics of the landscape. The urban area doubled from 1029 to 2406 hectares, while the population grew from 68,156 to 167,418 inhabitants, reflecting the expansion of the city over time. These results highlight the importance of urban planning and environmental management, emphasizing the need to consider socio-environmental aspects such as protection areas and indigenous and quilombola lands for sustainable development.

Keywords: land use; Angra dos Reis; Google Earth Engine.

INTRODUÇÃO

A abordagem da ocupação do solo em municípios costeiros, como Angra dos Reis, é de relevância substancial, no âmbito acadêmico. Essa relevância se deve à complexidade dos fatores geográficos, socioeconômicos e ambientais que convergem para influenciar a dinâmica espacial e a utilização da terra. Angra dos Reis, situado no litoral do Estado do Rio de Janeiro, não apenas se destaca por sua beleza panorâmica, mas também pela importância de suas áreas costeiras, que abrigam uma diversidade de ecossistemas marinhos e terrestres.

Ao longo do tempo, esse município tem passado por transformações significativas na ocupação do solo, impulsionadas pela interação complexa entre atividades urbanas, turísticas e ambientais. Compreender essas dinâmicas de ocupação do solo em Angra dos Reis é imperativo para a elaboração de políticas de planejamento urbano e ambiental eficazes, visando à sustentabilidade e à preservação dos recursos naturais nessa região de particular relevância.

Segundo a UERJ (2010), a implantação de empreendimentos de grande porte teve impactos significativos na região. Por exemplo, houve a conversão de uma área considerável, que abrange a planície do Jacuecanga e sua baía, em zona industrial. Além disso, a demanda por mão de obra operária aumentou, resultando em um crescimento populacional decorrente dessa atividade e expansão da área urbana do município.

Dito isso, o objetivo deste trabalho é investigar o Uso e Cobertura do Solo no município de Angra dos Reis e observar a mudança na paisagem, ao longo dos anos. Essa análise permitirá uma compreensão mais profunda das dinâmicas territoriais e contribuirá para o planejamento sustentável dessa região costeira.

METODOLOGIA

Para investigar a dinâmica do uso do solo em Angra dos Reis, adotou-se uma metodologia que se baseou na plataforma Google Earth Engine. Essa plataforma oferece uma vasta coleção de imagens de satélite, permitindo uma análise abrangente, desde o ano de 1985 até a data atual.

A metodologia utilizada envolveu a construção de um algoritmo baseado em árvores de decisão. Esse algoritmo possibilitou a criação de mapas de uso e cobertura do solo, de forma rápida e confiável. O processamento ocorreu na nuvem da Google, o que contribuiu para a eficiência e escalabilidade da análise.

Ao definir os objetivos de buscar compreender a alteração no Uso e Cobertura do Solo no município de Angra dos Reis e observar a mudança na paisagem, ao longo dos anos, é de suma importância, a utilização de algoritmos automáticos, que facilitem esse processo. Diante do exposto, foi utilizada a plataforma *Google Earth Engine*, com a aplicação do algoritmo *Random Forest* para elaborar classificações supervisionadas.

Foram utilizadas imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 para os mapeamentos, realizados nos anos de 1985, 1995 e 2005. Para os anos de 2015 e 2022, o sensor OLI, do satélite Landsat 8, foi o selecionado. A coleção utilizada para ambos os satélites foi a USGS Landsat 5 e 8 Level 2, Collection 2, Tier 1.

No processo, foi feita a correção do fator de escala com uma simples operação aritmética, que consistia em realizar uma multiplicação de cada banda pelo valor de 0.0000275 e a soma com -0,2.

Realizadas todas as etapas de pré-processamento da imagem, foram gerados produtos secundários, que colaboraram para a robustez do mapeamento. Um dos produtos gerados foi o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que, por definição, segundo Myneni *et al.* (1997) é um índice baseado nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, que permite realizar a mensuração da quantidade de clorofila e da absorção de energia pelas folhas. Logo, foi estritamente necessária a utilização deste índice, haja vista que a área de estudo se localiza majoritariamente no bioma Mata Atlântica, o que torna a resposta espectral das áreas florestadas muito marcantes, quando comparadas às áreas de atividades agropastoris e urbanas. O cálculo para a obtenção do índice pode ser observado na Equação 1.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

EQUAÇÃO 1 - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Para a realização das classificações, foram escolhidas as bandas do Azul, Verde, Vermelho, Infravermelho próximo (NIR) e Infravermelho de ondas curtas 1 e 2 (SWIR1 e SWIR2), além dos índices NDVI e NDBI. Foram montadas composições de conjuntos de 3 bandas para melhor visualização e identificação dos alvos. Para coletar as amostras dos objetos, foram utilizadas a composição do visível composta pelo Vermelho, Verde e Azul e a composição de falsa-cor, composta pelo Infravermelho de ondas curtas 1, Infravermelho próximo e Vermelho.

Para a amostragem, foram coletados aproximadamente de 20 a 30 polígonos das classes Pastagem, Floresta, Área Construída, Areia e Mangue. Como as áreas de areia apresentam tamanhos muito pequenos, foi necessário fazer a coleta, por meio de pontos, para abranger a maior variedade de amostras possíveis.

Além disso, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os mapeamentos existentes. Essas pesquisas buscam compreender o crescimento de Angra dos Reis em escalas mais amplas. Durante essas revisões, observamos informações relevantes, relacionadas às áreas de proteção ambiental, terras indígenas e quilombolas. Esses dados enriqueceram a análise, proporcionando uma visão mais abrangente da dinâmica territorial desse município costeiro.

RESULTADOS

O uso do solo em Angra dos Reis, a partir de 1985, foi marcado por várias mudanças significativas. A construção da estrada Rio-Santos (BR 101) e a expansão da ocupação na porção continental do município de Angra dos Reis, ao sul do Estado do Rio de Janeiro, geraram impactos ambientais diretos e indiretos (Machado, 2005).

Dito isso, como um dos resultados observados na Tabela 1, nota-se que a área urbanizada de Angra dos Reis possuía apenas 1.029 hectares no ano de 1985. É possível notar, também, a presença de áreas nas encostas, que apresentam características de pastagens, que detinham 7.799 hectares no mesmo ano. Foi possível também observar que a classe floresta, que já possuía 70.196 hectares e manteve estabilidade ao longo dos anos, e a classe manguezal, apresentou 225 hectares. A Tabela 1 mostra os dados de áreas (em hectares) de cada classe mapeada.

TABELA 1 - Área de ocupação de cada classe (em hectares).

	1985	1995	2005	2015	2022
Pastagem	7.799	7.958	7.627	7.254	7.152
Floresta	70.196	70.029	70.255	70.352	70.194
Areia	35	51	31	33	27
Mangue	225	273	336	358	354
Área Urbanizada	1.029	1.476	1.937	2.284	2.406

Elaboração própria.

A população residente cresceu cerca de 5 vezes, passando de 20 mil para mais de 100 mil habitantes. O aumento da população urbana foi intenso, passando de 56% do total, em 1960, para 97%, em 2001. A construção da rodovia e a implementação de grandes empreendimentos estatais, a partir de 1950; além da exploração turística, foram responsáveis pelo processo de adensamento da ocupação das baixadas litorâneas (Machado, 2005). Na Figura 1, é possível observar os cartogramas contendo o Uso e Cobertura do município.

Essas áreas foram, cada vez mais, disputadas pelo setor imobiliário, pelo enorme crescimento do seu valor de mercado, acarretando a verticalização e a expansão da malha urbana, em direção às encostas. Isto ocorreu nas antigas e novas áreas urbanas, agora acessíveis pela presença da rodovia, e em alguns trechos das margens desta estrada (Machado, 2005).

No entanto, essas mudanças também levaram a uma série de problemas ambientais. Nas últimas décadas, ampliaram-se os impactos por atividades de desmatamento, aterros de mangues, modificações de cursos fluviais, com obras de drenagem e também para instalação de marinas, ampliação de áreas de risco de desmoronamento, comprometimento de recursos hídricos, pela sua poluição com esgotos industriais e domésticos (Machado, 2005).

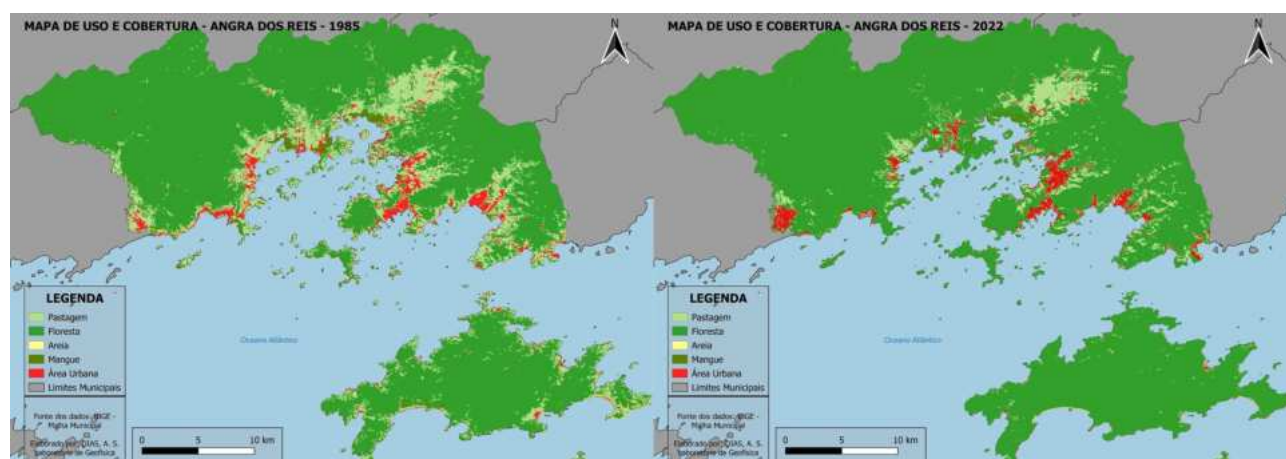


FIGURA 1 - Cartogramas do uso e cobertura de Angra dos Reis, em 1985 (esq.) e 2022 (dir.).

Elaboração própria (2023).

Conforme definição do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), um aglomerado subnormal refere-se aos conjuntos habitacionais, que possuem, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracos, casas etc.), em situação de carência. Esses conjuntos se caracterizam pela ausência de título de propriedade e apresentam, pelo menos, uma das seguintes características: urbanização fora dos padrões vigentes (como vias estreitas e de alinhamento irregular), lotes de tamanhos e formas desiguais e construções não regularizadas por órgãos públicos; ou a precariedade de serviços públicos essenciais, como energia elétrica, coleta de lixo e redes de água e esgoto. Segundo Ribeiro (2014), essas ocupações desordenadas, combinadas com as características do solo e o alto índice pluviométrico, resultam em um alto risco de deslizamentos e movimentos de massa em Angra dos Reis. Conforme o mapeamento dos setores de riscos geológicos do Estado do Rio de Janeiro, realizado pela CPRM (2011), existem 75 áreas identificadas como de alto ou muito alto risco para movimentos de massa e enchentes em Angra dos Reis, sendo que, 31 dessas áreas estão localizadas na região. No município, há 6.066 moradias, onde residem 24.264 habitantes, os quais estão sujeitos a riscos, classificados como deslizamento planar, corrida de detritos, rolamento de blocos, rastejo e escorregamento planar (PRH-BIG, 2018).

CONCLUSÕES

Angra dos Reis viu significativas mudanças em seu uso do solo, desde os tempos dos tambois até a era industrial, com usinas nucleares e terminais de petróleo. O uso de geotecnologias, como a plataforma Google Earth Engine e algoritmos baseados em árvores de decisão, permitiram análises abrangentes e confiáveis dessa dinâmica. Os resultados obtidos contribuem para uma compreensão mais profunda da evolução da cidade e seus impactos no ambiente, fornecendo informações valiosas para o planejamento urbano e a gestão ambiental, destacando a importância de considerar aspectos socioambientais, como áreas de proteção e terras indígenas e quilombolas.

Pode-se observar que as áreas de Floresta mantiveram sua média de valores, ao longo dos anos, considerando quedas ou aumentos de alguns hectares, por conta de questões espectrais das imagens de satélite utilizadas. Dito isso, é importante ressaltar o papel das unidades de conservação, que colaboram para manter a proteção das áreas de vegetação nativa do bioma Mata Atlântica.

A classe pastagem sofreu queda, ao longo dos anos, contudo, atrelado a isso, houve um aumento brusco da área urbanizada, entre os anos de 1985 e 2022. Logo, o uso do solo, em Angra dos Reis, passou a ser majoritariamente urbano, contendo pequenas áreas voltadas para a Agropecuária, mais à nordeste do município.

A classe Mangue, que representa o ecossistema de manguezais, apresentou crescimento, ao longo das décadas. Isso é um sinal positivo, haja vista, que áreas onde ocorrem o desenvolvimento de manguezais apontam uma melhor qualidade ambiental na região.

É importante destacar que a ocupação do solo em Angra dos Reis também é influenciada por fatores econômicos e políticos. A presença de usinas nucleares e terminais de petróleo, por exemplo, não apenas altera a paisagem, mas também traz implicações socioeconômicas significativas. Essas instalações industriais podem gerar empregos e estimular a economia local, mas também podem apresentar riscos ambientais e de saúde.

Além disso, a expansão urbana em áreas de encosta aumenta a vulnerabilidade a desastres naturais, como deslizamentos de terra e inundações. Portanto, é crucial que o planejamento urbano e a gestão ambiental levem em consideração esses riscos e implementem medidas de mitigação adequadas.

Apesar da grande pressão antrópica, Angra dos Reis se mostrou um município que preserva grande parte das suas regiões de floresta nativa. Porém, vale reiterar que, ao longo das décadas, a expansão urbana desenfreada do município ocasionou um crescimento ao longo de encostas, o que, então, desencadeou deslizamentos de terra. Logo, é necessário, por meio de planos de gestão urbana e ambiental, garantir que a cidade não se expanda mais, ao longo de áreas de mata fechada, fiscalizando a região, de modo a evitar as construções irregulares. A preservação das áreas de floresta nativa e manguezais é fundamental para a manutenção da biodiversidade local e a prestação de serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima e a proteção contra inundações. A proteção dessas áreas deve ser uma prioridade nas políticas de uso do solo.

Em resumo, a ocupação do solo em Angra dos Reis é um tema complexo, que envolve uma variedade de fatores e interesses. É essencial que futuras pesquisas e políticas continuem a explorar esse tópico, de maneira holística e integrada, para promover um desenvolvimento sustentável e equitativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DE ILHA GRANDE. **Plano de recursos hídricos da região hidrográfica da Baía da Ilha Grande (PRH-BIG)**. 2018. <https://www.cbhbig.org.br/plano-de-recursos-hidricos>
- MACHADO, C.E.C.R.; MARQUES, J.S. Impactos ambientais em Angra dos Reis(RJ): a expansão da ocupação do solo por populações ricas e pobres. *In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2005, São Paulo. **Anais ...**, USP, São Paulo, 2005.
- MYNENI, R.B.; HALL, F.G.; SELLERS, P.J.; MARSHAK, A.L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 33, p. 481-486, 1995.
- PIMENTEL, J. **Angra dos Reis: Evolução do Uso do Solo e Impactos Ambientais**. CPRM, 2010. (Relatórios Internos) <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/14573>
- RIBEIRO, A.M. A dinâmica populacional de Angra dos Reis e seus impactos nas ocupações irregulares e em áreas de risco. *In: XVI Colóquio Ibérico de Geografia*, Lisboa, 5-7 nov. 2018, 2018. **Livro de Atas...**, Centro de Estudos Geográficos, , 2018. p. 1154-1161.
- UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro). **Relatório de Controle Ambiental - RCA da Estrada Parque Paraty - Cunha/RJ-165**. Rio de Janeiro: UERJ, 2010.



ORGANIZAÇÃO



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



REALIZAÇÃO



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



FINANCIAMENTO

