

Maurício Rizzatti  
Elsbeth Léia Spode Becker  
Roberto Cassol

BREVE HISTÓRIA  
DA CARTOGRAFIA  
dos povos primitivos  
ao *Google Earth*



Maurício Rizzatti  
Elsbeth Léia Spode Becker  
Roberto Cassol



BREVE HISTÓRIA  
DA CARTOGRAFIA  
dos povos primitivos  
ao *Google Earth*



I São Paulo | 2022 |





Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2022 os autores e a autora.

Copyright da edição © 2022 Pimenta Cultural.

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons: Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional - (CC BY-NC-ND 4.0). Os termos desta licença estão disponíveis em: <<https://creativecommons.org/licenses/>>. Direitos para esta edição cedidos à Pimenta Cultural. O conteúdo publicado não representa a posição oficial da Pimenta Cultural.

## CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

### Doutores e Dotoras

- Adilson Cristiano Habowski  
*Universidade La Salle, Brasil*
- Adriana Flávia Neu  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*
- Adriana Regina Vettorazzi Schmitt  
*Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Aguimario Pimentel Silva  
*Instituto Federal de Alagoas, Brasil*
- Alaim Passos Bispo  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*
- Alaim Souza Neto  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Alessandra Knoll  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Alessandra Regina Müller Germani  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*
- Aline Corso  
*Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil*
- Aline Wendpap Nunes de Siqueira  
*Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil*
- Ana Rosângela Colares Lavand  
*Universidade Federal do Pará, Brasil*
- André Gobbo  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*
- Andressa Wiebusch  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*
- Andreza Regina Lopes da Silva  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Angela Maria Farah  
*Universidade de São Paulo, Brasil*
- Anísio Batista Pereira  
*Universidade Federal de Uberlândia, Brasil*
- Antonio Edson Alves da Silva  
*Universidade Estadual do Ceará, Brasil*
- Antonio Henrique Coutelo de Moraes  
*Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil*
- Arthur Vianna Ferreira  
*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*
- Ary Albuquerque Cavalcanti Junior  
*Universidade do Estado da Bahia, Brasil*
- Asterlindo Bandeira de Oliveira Júnior  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*
- Bárbara Amaral da Silva  
*Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil*
- Bernadette Beber  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Bruna Carolina de Lima Siqueira dos Santos  
*Universidade do Vale do Itajaí, Brasil*
- Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*
- Caio Cesar Portella Santos  
*Instituto Municipal de Ensino Superior de São Manuel, Brasil*
- Carla Wanessa do Amaral Caffagni  
*Universidade de São Paulo, Brasil*
- Carlos Adriano Martins  
*Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil*
- Carlos Jordan Lapa Alves  
*Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil*
- Caroline Chioquetta Lorensen  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Cássio Michel dos Santos Camargo  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Faced, Brasil*
- Christiano Martino Otero Avila  
*Universidade Federal de Pelotas, Brasil*
- Cláudia Samuel Kessler  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*
- Cristiane Silva Fontes  
*Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil*
- Daniela Susana Segre Guertzenstein  
*Universidade de São Paulo, Brasil*
- Daniele Cristine Rodrigues  
*Universidade de São Paulo, Brasil*
- Dayse Centurion da Silva  
*Universidade Anhanguera, Brasil*
- Dayse Sampaio Lopes Borges  
*Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil*
- Diego Pizarro  
*Instituto Federal de Brasília, Brasil*
- Dorama de Miranda Carvalho  
*Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil*
- Edson da Silva  
*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil*
- Elena Maria Mallmann  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*
- Eleonora das Neves Simões  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*
- Eliane Silva Souza  
*Universidade do Estado da Bahia, Brasil*
- Elvira Rodrigues de Santana  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*
- Éverly Pegoraro  
*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil*
- Fábio Santos de Andrade  
*Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil*
- Fábrica Lopes Pinheiro  
*Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*
- Felipe Henrique Monteiro Oliveira  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*
- Fernando Vieira da Cruz  
*Universidade Estadual de Campinas, Brasil*
- Gabriella Eldereti Machado  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*
- Germano Ehler Pollnow  
*Universidade Federal de Pelotas, Brasil*
- Geymeesson Brito da Silva  
*Universidade Federal de Pernambuco, Brasil*
- Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin Franchi  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Handherson Leylton Costa Damasceno  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*
- Hebert Elias Lobo Sosa  
*Universidad de Los Andes, Venezuela*
- Helcíclever Barros da Silva Sales  
*Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasil*
- Helena Azevedo Paulo de Almeida  
*Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil*
- Hendy Barbosa Santos  
*Faculdade de Artes do Paraná, Brasil*
- Humberto Costa  
*Universidade Federal do Paraná, Brasil*
- Igor Alexandre Barcelos Graciano Borges  
*Universidade de Brasília, Brasil*
- Inara Antunes Vieira Willerding  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*
- Ivan Farias Barreto  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*
- Jaziel Vasconcelos Dorneles  
*Universidade de Coimbra, Portugal*
- Jean Carlos Gonçalves  
*Universidade Federal do Paraná, Brasil*
- Jocimara Rodrigues de Sousa  
*Universidade de São Paulo, Brasil*
- Joelson Alves Onofre  
*Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil*
- Jônata Ferreira de Moura  
*Universidade São Francisco, Brasil*
- Jorge Eschiqui Vieira Pinto  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil*
- Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*
- Juliana de Oliveira Vicentini  
*Universidade de São Paulo, Brasil*
- Julierme Sebastião Morais Souza  
*Universidade Federal de Uberlândia, Brasil*
- Junior César Ferreira de Castro  
*Universidade Federal de Goiás, Brasil*
- Katia Bruginski Mulik  
*Universidade de São Paulo, Brasil*
- Laíonei Vieira da Silva  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*



Leonardo Pinheiro Mozdzenski  
*Universidade Federal de Pernambuco, Brasil*

Lucila Romano Tragtenberg  
*Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil*

Lucimara Rett  
*Universidade Metodista de São Paulo, Brasil*

Manoel Augusto Polastreli Barbosa  
*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil*

Marcelo Nicomedes dos Reis Silva Filho  
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil*

Marcio Bernardino Sirino  
*Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Marcos Pereira dos Santos  
*Universidad Internacional Iberoamericana del Mexico, México*

Marcos Uzel Pereira da Silva  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

Maria Aparecida da Silva Santandel  
*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil*

Maria Cristina Giorgi  
*Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Brasil*

Maria Edith Maroca de Avelar  
*Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil*

Marina Bezerra da Silva  
*Instituto Federal do Piauí, Brasil*

Michele Marcelo Silva Bortolai  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Mônica Tavares Orsini  
*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil*

Nara Oliveira Salles  
*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Neli Maria Mengalli  
*Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil*

Patricia Biegling  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Patricia Flávia Mota  
*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Raul Inácio Busarello  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*

Roberta Rodrigues Ponciano  
*Universidade Federal de Uberlândia, Brasil*

Robson Teles Gomes  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Rodiney Marcelo Braga dos Santos  
*Universidade Federal de Roraima, Brasil*

Rodrigo Amancio de Assis  
*Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil*

Rodrigo Sarruge Molina  
*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil*

Rogério Rauber  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil*

Rosane de Fatima Antunes Obregon  
*Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

Samuel André Pompeo  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil*

Sebastião Silva Soares  
*Universidade Federal do Tocantins, Brasil*

Silmar José Spinardi Franchi  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil*

Simone Alves de Carvalho  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Simoni Urnau Bonfiglio  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Stela Maris Vaucher Farias  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*

Tadeu João Ribeiro Baptista  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno  
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil*

Taiza da Silva Gama  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Tania Micheline Miorando  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Tarcísio Vanzin  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Tascieli Feltrin  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Tayson Ribeiro Teles  
*Universidade Federal do Acre, Brasil*

Thiago Barbosa Soares  
*Universidade Federal de São Carlos, Brasil*

Thiago Camargo Iwamoto  
*Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil*

Thiago Medeiros Barros  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*

Tiago Mendes de Oliveira  
*Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil*

Valdir Lamim Guedes Junior  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Vanessa Elisabete Raue Rodrigues  
*Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil*

Vania Ribas Ulbricht  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Wellington Furtado Ramos  
*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil*

Wellton da Silva de Fatima  
*Instituto Federal de Alagoas, Brasil*

Yan Masetto Nicolai  
*Universidade Federal de São Carlos, Brasil*

## PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

### Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Alessandra Figueiró Thornton  
*Universidade Luterana do Brasil, Brasil*

Alexandre João Appio  
*Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil*

Bianka de Abreu Severo  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Carlos Eduardo Damian Leite  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Catarina Prestes de Carvalho  
*Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brasil*

Elisiane Borges Leal  
*Universidade Federal do Piauí, Brasil*

Elizabete de Paula Pacheco  
*Universidade Federal de Uberlândia, Brasil*

Elton Simomukay  
*Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil*

Francisco Geová Goveia Silva Júnior  
*Universidade Potiguar, Brasil*

Indiamaris Pereira  
*Universidade do Vale do Itajaí, Brasil*

Jacqueline de Castro Rimá  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Lucimar Romeu Fernandes  
*Instituto Politécnico de Bragança, Brasil*

Marcos de Souza Machado  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

Michele de Oliveira Sampaio  
*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil*

Samara Castro da Silva  
*Universidade de Caxias do Sul, Brasil*

Thais Karina Souza do Nascimento  
*Instituto de Ciências das Artes, Brasil*

Viviane Gil da Silva Oliveira  
*Universidade Federal do Amazonas, Brasil*

Weyber Rodrigues de Souza  
*Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil*

William Roslindo Paranhos  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

## PARECER E REVISÃO POR PARES

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Pimenta Cultural, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.



Direção editorial	Patricia Biegging Raul Inácio Busarello
Editora executiva	Patricia Biegging
Coordenadora editorial	Landressa Rita Schiefelbein
Diretor de criação	Raul Inácio Busarello
Assistente de arte	Naiara Von Groll
Marketing digital	Lucas Andrius de Oliveira
Editoração eletrônica	Peter Valmorbidia Potira Manoela de Moraes
Imagens da capa	Macrovector, Andrey Armyagov, Yisarandri - Freepik.com
Revisão	Luciane de Lima Paim
Autores	Maurício Rizzatti Elsbeth Léia Spode Becker Roberto Cassol

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R627b

Rizzatti, Maurício

Breve história da cartografia: dos povos primitivos ao Google Earth / Maurício Rizzatti, Elsbeth Léia Spode Becker, Roberto Cassol. – São Paulo: Pimenta Cultural, 2022.

Livro em PDF

ISBN 978-65-5939-525-5

DOI 10.31560/pimentacultural/2022.95255

1. Cartografia. 2. Geografia. 3. História. 4. Educação.  
4. Letramento. I. Rizzatti, Maurício. II. Becker, Elsbeth Léia Spode.  
III. Cassol, Roberto. IV. Título.

CDD 526

Índice para catálogo sistemático:

I. Cartografia

Janaina Ramos – Bibliotecária – CRB-8/9166

ISBN da versão impressa (brochura): 978-65-5939-524-8

**PIMENTA CULTURAL**

São Paulo · SP

Telefone: +55 (11) 96766 2200

[livro@pimentacultural.com](mailto:livro@pimentacultural.com)

[www.pimentacultural.com](http://www.pimentacultural.com)



2 0 2 2



## Sumário

<b>Apresentação</b> .....	<b>6</b>
<b>Prefácio</b> .....	<b>8</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>10</b>
Capítulo 1	
<b>A cartografia na Idade Antiga: a contribuição dos gregos para o conhecimento geográfico e cartográfico</b> .....	<b>15</b>
Capítulo 2	
<b>O conhecimento cartográfico na idade média: da representação à visão de mundo</b> .....	<b>21</b>
Capítulo 3	
<b>A cartografia no renascimento: a busca pelo conhecimento em outras ciências</b> .....	<b>28</b>
Capítulo 4	
<b>A cartografia na idade contemporânea: do problema das longitudes ao <i>Google Earth</i></b> .....	<b>39</b>
Aerolevantamentos e imagens de satélite.....	44
Os sistemas globais de navegação por satélites.....	50
A cartografia digital .....	54
Capítulo 5	
<b>Considerações finais</b> .....	<b>70</b>
<b>Referências</b> .....	<b>73</b>
<b>Sobre os autores e a autora</b> .....	<b>76</b>
<b>Índice remissivo</b> .....	<b>77</b>



## Apresentação

Com o sugestivo título “*Breve história da Cartografia: dos povos primitivos ao Google Earth*”, esta obra é fruto dos estudos realizados pelo primeiro autor para a elaboração de parte de sua tese de Doutorado no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, bem como de suas reflexões a respeito da vida e do percurso da Cartografia na história da humanidade. Uma pesquisa com essa natureza é um processo coletivo com os orientadores e de pessoas que, generosamente, disponibilizaram seu tempo, suas habilidades e seus conhecimentos técnico-científicos para percorrer a história da Cartografia. Nisso, reside a beleza e o ofício da pesquisa, que se estende para além da academia.

O livro consiste em apresentar, caracterizar e explicar as principais contribuições para a sistematização da Cartografia e a Geografia, destacando, principalmente, o estudo dos gregos na Idade Antiga, o papel da Igreja na Idade Média, o auxílio de outras ciências na Idade Moderna e o desenvolvimento do Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Cartografia Digital e da informática na Idade Contemporânea. Está organizada em quatro capítulos, além da “Introdução” e das “Considerações Finais”: “A Cartografia na Idade Antiga: a contribuição dos gregos para o conhecimento geográfico e cartográfico”, “O conhecimento cartográfico na Idade Média: da representação à visão de mundo”, “A Cartografia no Renascimento: a busca pelo conhecimento em outras ciências”, “A Cartografia na Idade Contemporânea: do problema das longitudes ao *Google Earth*”.

Na “Introdução”, pode-se perceber a existência de diversos conceitos que trazem a importância e o poder de se localizar no espaço que sempre permeou a ação dos seres humanos. A Cartografia faz parte da história da humanidade para representar o espaço vivido e, sem dúvida, representa o contexto histórico de cada época. Na Geografia, a linguagem dos mapas atua como um sistema de representação simbólica de fatores físicos e humanos da realidade.

Enfatiza os “produtos cartográficos” dos povos primitivos, rudimentares no sentido de matéria-prima disponível para a criação, como galhos, folhas e placas de argila ou barro. O mapa é um produto cultural de cada povo e reflete suas atividades culturais.

O primeiro capítulo, “A Cartografia na Idade Antiga: a contribuição dos gregos para o conhecimento geográfico e cartográfico”, apresenta o legado dos povos antigos, especialmente, dos gregos e dos romanos que trazem alguns pontos fundamentais para a Cartografia, aliados à Astronomia e à Matemática. Desse período, tem-se uma série de obras, documentos cartográficos, mapas e cartas que indicam princípios cartográficos, geográficos, matemáticos, de projeções e métodos de observação astronômica.

O segundo capítulo intitulado “O conhecimento cartográfico na Idade Média: da representação à visão de mundo”, constitui-se numa síntese da concepção cartográfica adotada pela Igreja e que exerceu grande influência no mundo Ocidental. O tipo preferido de representação cartográfica foi a imagem do mundo em mapas-múndi circulares, denominados Mapa da Roda ou Mapa T/O, representados na concepção tripartite, Ásia, Europa e África.

O terceiro capítulo, “A Cartografia no Renascimento: a busca pelo conhecimento em outras ciências”, traz o renascimento cartográfico na esteira dos Grandes Descobrimentos e da disputa expansionista entre Portugal e Espanha. Essa fase colaborou para o desenvolvimento de noções voltadas à Astronomia, à Geografia e à Cartografia e legou maior detalhamento na representação de novos territórios, tanto no sentido locacional, como de riquezas naturais e econômicas.

O quarto capítulo, “A Cartografia na Idade Contemporânea: do problema das longitudes ao *Google Earth*”, enuncia o relevante desenvolvimento das tecnologias e sua aplicação à Cartografia. O aerolevantamento e as imagens de satélites, os sistemas



globais de navegação por satélite e a cartografia digital impulsionaram a produção de produtos cartográficos, desde os mais sofisticados associados ao controle do território até o uso cotidiano para localização e deslocamento no dia a dia das pessoas.

As considerações finais apontam que a vida humana e seu movimento na História expressam a síntese da *“Breve história da Cartografia: dos povos primitivos ao Google Earth”*, e deixam transparecer que a tecnologia aplicada à Cartografia corresponde ao conhecimento humano da época. As diferentes técnicas em determinados momentos históricos irão

produzir um tipo de representação cartográfica e, conseqüentemente, isto está relacionado ao modo de pensar da sociedade naquele contexto.

Que esta leitura seja prazerosa e sirva de inspiração para novos diálogos que reforçam o propósito e a beleza de conhecer a origem da Cartografia e sua evolução nos destinos da humanidade.

Maurício Rizzatti,  
Elsbeth Léia Spode Becker e  
Roberto Cassol

Outono/2022





## Prefácio

Acessar um mapa nos dias de hoje pode ser uma das tarefas mais simples para quem dispõe de um computador ou um *smartphone* conectado à internet. Procurar algum lugar ou traçar um percurso no mapa virou um ato tão cotidiano que pode nos parecer que tudo isso sempre esteve acessível a todos e com todas as facilidades que as plataformas digitais nos proporcionam. Mas, isso não foi sempre assim.

O desenvolvimento da Cartografia se mescla muito com a história da humanidade. De certa forma, ler um mapa é como ler a nossa própria história. Pois, desde os tempos mais remotos os primeiros agrupamentos humanos tiveram como uma de suas características básicas fazer registros do espaço que habitavam. Algumas dessas marcas do passado são possíveis de serem observadas ainda hoje, a partir das pinturas rupestres ou artefatos que demonstram que a preocupação com a espacialidade não é apenas uma demanda da modernidade. Pode-se dizer que isso acompanha uma necessidade humana, saber onde estamos e para onde vamos.

Ao longo desse percurso histórico a Cartografia foi se alterando, não somente em relação às técnicas de construção, mas também ao seu acesso. Essas mudanças ocorreram quando os produtos cartográficos começaram a ter um valor social, estratégico e financeiro. O que antes estava disponível para grande parte dos indivíduos como leitura e compreensão do espaço vivido, tornou-se um material mais restrito e controlado por poucos. Do mesmo modo, as técnicas disponíveis para a sua produção se alteraram significativamente. De uma pluralidade de possibilidades e distintos referenciais projetivos, passamos a ter uma padronização na sua forma de representação. Para alguns estudiosos da área isso gerou consequências, como por exemplo uma leitura mais reduzida do espaço, a concepção de que existe apenas um modo de construir o mapa e de que sua materialidade apresenta uma verdade inquestionável.

Todos esses contextos e fatos precisam ser revisitados para que possamos ler de modo mais crítico a Cartografia. Conhecer suas qualidades, que são inúmeras, mas também suas limitações, que foram impostas em seu processo de construção, torna-se fundamental para compreendermos como essa linguagem se desenvolveu e se encontra atualmente tão integrada ao nosso cotidiano. Com isso, temos a possibilidade de pensar a Cartografia para além da sua materialidade que está, muitas vezes, disponível na palma da nossa mão. Os mapas de hoje podem até nos apresentar espaços e informações atualizadas dos lugares, mas carrega em si o peso histórico que o define como produto e proposta de representação espacial.

E nesse sentido o livro *“Breve história da Cartografia: dos povos primitivos ao Google Earth”*, escrito por Maurício Rizzatti, Elsbeth Léia Spode Becker e Roberto Cassol é um convite a redescobrir esses caminhos da Cartografia, desvendar os contextos que explicam como os mapas foram e são atualmente produzidos, como essa linguagem se desenvolveu ao longo dos anos e como ela está tão integrada em nossas vidas, principalmente a partir das inúmeras plataformas digitais.

O livro é resultado de um capítulo da tese de doutorado do Maurício, defendida em 2022, no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria, intitulada *“Cartografia Escolar, Inteligências Múltiplas e Neurociências no Ensino Fundamental: a mediação (geo)tecnológica e multimodal no ensino de Geografia”*, o qual foi revisitado com o objetivo de destacar ao leitor e a leitora conhecer a fundo como os mapas atuais foram forjados e apresentar as mudanças que ocorreram nesse trajeto.



É nessa perspectiva que esse material contribui para aqueles que se interessam pelo tema da Cartografia e suas infinitas possibilidades de diálogo com as mais diferentes ciências, ao oferecer uma análise rica e detalhada das bases teórico-metodológicas e das técnicas cartográficas que se constituíram ao longo da história. Se hoje temos um acesso fácil e rápido aos mais distintos mapas é em razão de todo esse processo que nos oportuniza ver, ler e pensar sobre o espaço representado.

Assim, o mapa precisa ser entendido muito mais do que um simples produto da humanidade, deve ser reconhecido pela sua multiplicidade de elementos que o constituem, pelo seu importante papel para a vida em sociedade e por nos permitir fazer leituras mais apuradas e profundas sobre os espaços cotidianos. Dito isso, tenho que concordar com Caio Fernando Abreu ao dizer que “minhas obviedades possuem mapas complexos”.

Prof. Dr. Denis Richter  
Universidade Federal de Goiás

Goiânia/GO, abril de 2022.



## Introdução

Os avanços das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), ocorridos principalmente do final do século XX até os dias atuais, permitiram que a população, de um modo geral, obtivesse acesso aos recursos tecnológicos, como celulares e micro-computadores. Esse fato colaborou para a disseminação de mapas digitais, sobretudo nos aplicativos (App.) dos *smartphones*, dentre os quais se destacam o *Google Maps*, *Waze* e *Maps.me*. Estes funcionam como modo de navegação, com uso de um sistema de satélites artificiais<sup>1</sup>, como a constelação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) ou do Sistema de Navegação Global via Satélite (GLO-NASS), juntamente com um mapa base, permitindo ao usuário o deslocamento no espaço. Além disso, ao solicitar um transporte privado, como *Uber* e *99*, por exemplo, a população está em contato com informações espaciais, pois é possível escolher o destino por meio de um ponto no mapa. Além de localizar, a Cartografia é utilizada para ilustrar a realidade social, econômica, histórica e cultural e se entrelaça com a ciência geográfica. Historicamente, Cartografia e Geografia sempre andaram juntas, desde os primórdios da existência humana na Terra.

Etimologicamente, “A cartografia é uma palavra derivada do grego *graphien*, significando escrita ou descrita, e do latim *charta*, com o significado de papel, mostra, portanto, uma estreita ligação com a apresentação gráfica da informação, com sua descrição em papel” (MENEZES; FERNANDES, 2013, p. 18).

Segundo Joly (2013, p. 7), “A cartografia é a arte de conceber, levantar, de redigir e de divulgar os mapas”. Coloca ainda que o mapa é uma representação plana, simplificada e convencional, do planeta ou parte dele, com uma relação de similaridade com determinada escala (JOLY, 2013). Nesse contexto, o mapa é uma representação da superfície da Terra

sobre um plano. Essa transposição de uma superfície irregular e curva para representação plana envolve uma série de fatores técnicos. Por esse motivo, os mapas apresentam projeções cartográficas das mais variadas propriedades, métodos, superfícies de projeções e ao tipo de contato. A escolha de cada uma das variáveis tem como base a finalidade do mapa, isto é, do seu propósito. Outra característica é ser uma representação em escala de redução, fato que o documento cartográfico sempre será menor do que o tamanho real do objeto. Resumidamente, a Cartografia trata de representar a superfície terrestre em duas dimensões (comprimento e largura), sob uma determinada escala. Tem como produto uma série de documentos cartográficos, ou seja, globos, mapas e cartas.

Já para Oliveira (1993), ela é vista como uma ciência que trata da concepção, do estudo, da produção e da utilização de mapas. O conceito de Cartografia, amplamente aceito, foi proposto durante o XX Congresso Internacional de Cartografia, realizado em Londres, em que a Associação Cartográfica Internacional (ACI), sendo o mesmo ratificado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 1966, conceituou Cartografia como sendo um:

Conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, planos e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos, ambientes físicos e socioeconômicos, bem como sua utilização. (IBGE, 1999, p. 12).

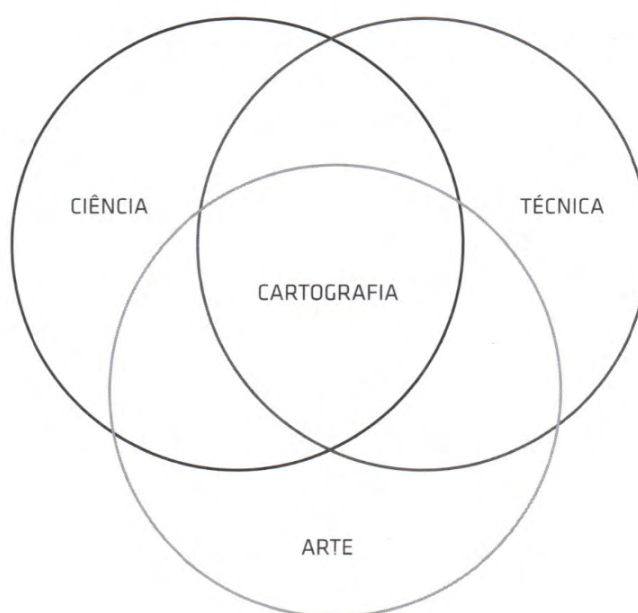
<sup>1</sup> Segundo Tôslo, *et al.* (2014, p. 16), satélite artificial “[...] é um equipamento produzido por humanos, o qual segue a órbita de um planeta ou corpo celeste. Esse satélite é posicionado no espaço, com auxílio de um foguete. Existem diversos tipos de satélites artificiais em orbitas do planeta Terra equipados com diferentes tipos de sensores e câmeras que registram informações da superfície terrestre. Há satélites com objetivos específicos, como os destinados à comunicação e aos recursos naturais. Outros possuem somente aplicação militar e existem os dedicados ao posicionamento espacial”.



A partir do conceito, podemos perceber que há uma preocupação metodológica e sistemática para alcançar as mais variadas formas de expressão gráfica, despontando como ciência, também subordinando-se às leis estéticas da simplicidade, clareza e harmonia, caracteriza-se como arte (CAMPOS, s/d). Assim, a Cartografia engloba desde levantamentos de informações em campo até a finalização e impressão de um mapa. Logo, ela é ciência,

técnica e arte ao mesmo tempo, conforme ilustrado na Figura 1. Nesse contexto, todo o conhecimento aplicado, inclusive de outras áreas do conhecimento, como a Matemática e a Geodésia<sup>2</sup>, desde o levantamento de informações no terreno, o tratamento e a organização de dados, demandam um elevado rigor metodológico.

**Figura 1 – A Cartografia como interseção entre arte, ciência e técnica.**



Fonte: Menezes; Fernandes (2013).

Para Duarte (2002), a Cartografia se configura como uma ciência:

[...] porque se constitui num campo de atividade humana que requer desenvolvimento de conceitos específicos, aplicação sistemática de operações de campo e de laboratório, planejamento destas operações, metodologia de trabalho, aplicação de técnicas e conhecimentos de outras ciências, tudo com vistas à obtenção de um documento de caráter altamente técnico (o mapa), objetivando representar os aspectos naturais e artificiais da superfície terrestre, de outros astros ou mesmo do céu. Enfim, a organização do espaço, seja ele terrestre ou não, é mostrada por meio de mapas, os quais resultam de uma série de operações que fazem parte de um cam-

po definido da atividade humana: a Cartografia. (DUARTE, 2002, p. 15).

No que se refere à arte, não podemos esquecer que a Cartografia se preocupa com a representação de objetos e variáveis em seu produto, devendo respeitar aspectos estéticos que, obrigatoriamente, devem ser agradáveis para a visão. Assim, há um enorme interesse com a disposição de signos, cores, margens e traços, buscando sempre a clareza e a harmonia das informações mapeadas. Nesse sentido, segundo Menezes e Fernandes (2013, p. 18), “[...] a arte na Cartografia corresponde à habilidade do cartógrafo em sintetizar os vários ingredientes envolvidos no processo de abstração, organizando-os em um todo que facilite a comunicação de ideais”.

<sup>2</sup> De acordo com IBGE (1999, p. 15), Geodésia é a “Ciência aplicada que estuda a forma, as dimensões e o campo de gravidade da Terra”.



Conforme pode ser notado em cada um dos conceitos, normalmente, o produto da Cartografia é um mapa. Nesse sentido, existe uma aproximação entre as representações cartográficas e a Geografia, pois os mapas retratam a realidade de uma determinada porção do espaço, ou seja, “Os mapas, portanto, representariam a Geografia, tudo o que é geográfico. Tais construtos seriam a própria Geografia, portanto, sinônimos” (MARTINELLI, 2014, p. 7). Já Menezes e Fernandes (2013 p. 14), comentam que a forte relação do mapa com a Geografia se dá pela possibilidade da representação de “[...] fenômenos de ordem física quanto os de ordem social sejam generalizados e apresentados em representações planas ou tridimensionais, impressas ou virtuais”.

A história da Humanidade se “confunde” com a própria Cartografia, visto que a preocupação em se orientar e representar o que existia em determinadas regiões se dá desde os povos primitivos, que se moviam constantemente (nômades). Nesse contexto, os povos eram caçadores ou coletores e possuíam a necessidade de conhecer o espaço em seu entorno, pois os alimentos eram obtidos desta forma. Assim, para perceber e dominar o território, era imprescindível que o homem primitivo representasse graficamente o que existia nas proximidades. Isso se deu, no princípio, por pinturas rupestres gravadas em rochas (Figura 2), demonstrando um conhecimento geográfico da fauna e flora da região em que habitava, temporariamente, além das atividades culturais e organizações dos povos.

**Figura 2 – Pinturas rupestres encontradas na serra da Capivara/PI.**



Fonte: Menezes; Fernandes (2013).

Nesse sentido, segundo Raisz (1969),

A história dos mapas é mais antiga que a própria história, isto se pensarmos na história como documentação escrita sobre fatos passados. A confecção de mapas precede a escrita. Isso pode ser concluído do fato comprovado, por muitos exploradores dos vários povos primitivos que, embora eles não houvessem alcançado a fase da escrita, desenvolveram a habilidade para traçar mapas. (RAISZ, 1969, p. 7).

Os “produtos cartográficos” dos povos primitivos são bastante rudimentares no sentido de matéria-prima disponível para a criação, como galhos, folhas e placas de argila ou barro. Sem dúvida, os mapas antigos podem ser considerados os primórdios da Cartografia que conhecemos hoje. Deste modo, o mapa é um produto cultural de cada povo, que reflete suas atividades culturais. Harley (1991, p. 5) aborda que “Os mapas sempre existiram, ou, pelo menos, o desejo de balizar o espaço sempre esteve presente na mente humana. A apreensão do

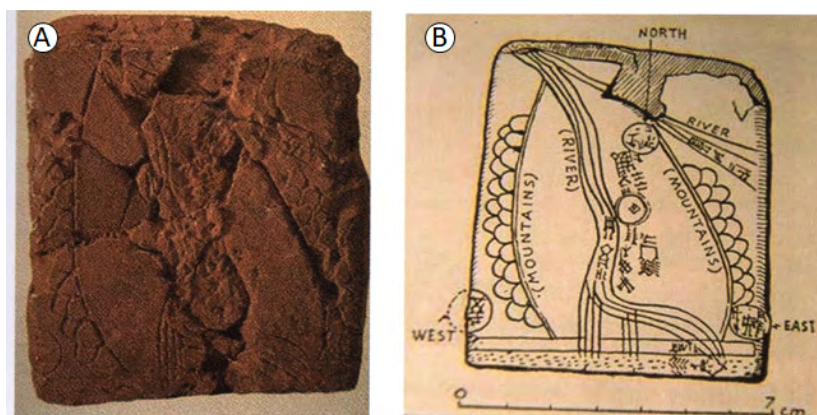


meio ambiente e a elaboração de estruturas abstratas para representá-lo foram uma constante da vida em sociedade [...]”.

Um dos mapas mais antigos que se tem registro foi confeccionado pelos babilônios, chamado de Ga-Sur (Figura 3), datado, aproximadamente, entre 2.500 a 4.500 a.C. (DUARTE, 2002). Nele, tem

a representação das cadeias montanhosas a leste e a oeste da Mesopotâmia, mostrando, provavelmente, o rio Eufrates, gravados em placas de argila. Destaca-se, que já existiam inscrições indicando a orientação espacial da representação, através de caracteres cuneiformes.

Figura 3 – Mapa de Ga-Sur (A) e sua interpretação (B).

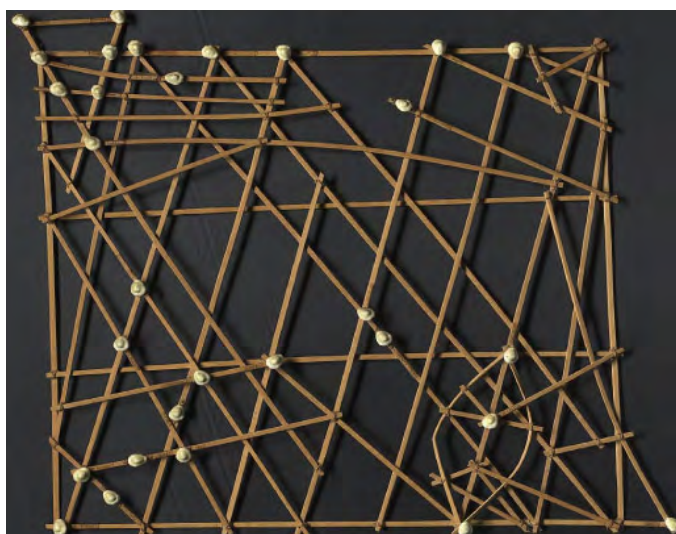


Fonte: Menezes; Fernandes (2013).

Outro exemplo de mapa rudimentar é o das Ilhas Marshall (Figura 4), confeccionado por uma tribo indígena da região, feito com fibras de palma e conchas, representando o arquipélago situado ao nordeste da Austrália. Conforme Raisz (1969, p. 7), “A quadrícula ortogonal representa o mar livre [...]; as linhas curvas indicam a frente das ondas próximas

das ilhas, e as ilhas mesmas, estão representadas por conchas”. Este mapa demonstra como o produto dos povos primitivos não era necessariamente simples, pois o conhecimento do local e a maneira de representar é muito mais complexo que as cartas modernas (RAISZ, 1969).

Figura 4 – Reconstituição do mapa marinho das ilhas Marshall feito de fibras de palma e conchas.



Fonte: Tiberghien (2013).



Outra contribuição para a Cartografia é o mapa da localidade de Bedolina, no vale do rio Pó (Figura 5), cuja confecção foi conferida aos camônios que habitavam o norte da Itália. Seu objetivo era representar as atividades agrícolas e os aspectos da organização social camponesa desse povo, em escala grande, com uma exuberância de detalhes das atividades agropastoris. Acredita-se que seja datado em 2.400 anos a.C. (OLIVEIRA, 1993).

Conforme já explicado anteriormente, a Cartografia sempre apresentou um elevado rigor cien-

tífico e técnico em seus produtos, com precisão e exatidão desde processos de levantamento de informação. A utilização de um sistema de coordenadas, um traçado geométrico de projeções cartográficas para representar a superfície curva em um plano; o uso de escala e a simbologia adequada demonstram tal fato e são mais atuais do que os mapas dos povos primitivos. Assim, destaca-se que classificar as representações de povos primitivos como produtos da Cartografia é algo contemporâneo.

**Figura 5 – Interpretação do mapa rupestre de Bedolina, no vale do Pó – norte da Itália.**



Fonte: Carvalho; Araújo (2008).

Nesse sentido, de acordo com Harley (1991),

Partindo da convicção de que cada sociedade tem ou teve sua própria forma de perceber e de produzir imagens espaciais, chegamos a essa simples definição de mapa: 'representação gráfica que facilita a compreensão espacial de objetos, conceitos, condições, processos e fatos do mundo humano'. O motivo de uma definição tão ampla é facultar sua aplicação a todas as culturas de todos os tempos, e não apenas às da era moderna. (HARLEY, 1991, p. 7).

Podemos perceber a preocupação de cada um dos povos citados, apresentando suas visões de mundo, com objetivos específicos, como ilustrar o comportamento das marés no mapa das Ilhas Marshall e a preocupação com aspectos do relevo e hidrografia no mapa de Ga-Sur. Com os recursos

disponíveis em cada uma região conseguiram confeccionar uma representação do espaço, demonstrando um grande conhecimento espacial e, principalmente, um domínio do território em questão. Assim, pode-se perceber a existência de diversos conceitos e que a importância de se localizar sempre permearam a ação dos seres humanos. Desta forma, o objetivo desta obra consiste em apresentar, caracterizar e explicar as principais contribuições para a sistematização da Cartografia e a Geografia, destacando, principalmente, o estudo dos gregos na Idade Antiga, o papel da Igreja na Idade Média, o auxílio de outras ciências na Idade Moderna e o desenvolvimento do Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Cartografia Digital e da informática na Idade Contemporânea.

The background is a stylized map with a dark blue grid and brown landmasses. A large white number '1' is positioned in the upper right. Navigation icons (a grey 'x', a grey dash, a grey plus, and a grey dot) are scattered around the map.

# 1

## A cartografia na Idade Antiga:

a contribuição  
✕ dos gregos  
para o conhecimento  
geográfico  
e cartográfico





Das antigas civilizações, talvez a que mais contribuiu para a construção de conhecimentos geográficos e cartográficos foi a civilização grega, principalmente pelo grau de cientificismo e difusão de seu legado no mundo ocidental. Nesse contexto, segundo Raisz (1969):

A base do sistema cartográfico atual é atribuída por todos aos gregos, que atingiram uma cultura na Antiguidade, não igualada até o princípio do século XVI. Os gregos admitiram a forma esférica da Terra, com seus Pólos, Equador e Trópicos, desenvolveram nosso sistema de latitude e longitude<sup>3</sup>, desenharam as primeiras projeções e calcularam o tamanho de nosso Planeta. (RAISZ, 1969, p. 11-13).

Os gregos, Pitágoras de Samos (540 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e seus seguidores, apresentaram a teoria de que a Terra é esférica e especularam o valor de sua circunferência, embora tenham sido suposições supostamente errôneas (STRAHLER, 1974). Além disso, fizeram as primeiras suposições referente as zonas climáticas da Terra. Segundo Veloso Filho (2010), um dos discípulos de Pitágoras:

[...] provavelmente Parmênides (510–450 a.C.), elaborou a hipótese de que a Terra teria a forma esférica, onde as terras conhecidas estariam no seu hemisfério norte, podendo haver, para fins de equilíbrio, outro conjunto de terras, até então desconhecidas, na porção sul. Reconheceram ainda diferentes zonas climáticas: frígida, temperada e tórrida, que se repetiriam nos dois hemisférios. (VELOSO FILHO, 2010, p. 185).

Aristóteles (384-324 a.C.) se posicionou favoravelmente aos pitagóricos sobre a forma da Terra, analisando a sombra da Terra projetada sobre a Lua, a variação na altura das constelações quando se deslocam no sentido norte-sul e a visualização da ponta dos mastros dos navios que iniciam sua aproximação do litoral (VELOSO FILHO, 2010).

Já Eratóstenes de Cirene (276-196 a.C.), filósofo, astrônomo, matemático e diretor da Biblioteca de Alexandria, a mais importante instituição naquele período, foi o responsável por realizar uma medida da circunferência da Terra por princípios geométricos. Ao ter acesso aos pergaminhos egípcios, descobriu que no dia do solstício de verão do hemisfério norte (21 de junho), os raios solares iluminavam verticalmente um poço localizado na cidade de Siena (Assuan), sem que houvesse sombra, demonstrando estar situada próximo ao Trópico de Câncer. O que Eratóstenes precisou fazer foi verificar como os raios solares se comportavam em Alexandria, isto é, se projetaria alguma sombra ou estaria a pino (zênite) igual em Siena. Esse fenômeno, porém, não acontecia em Alexandria, projetando uma sombra com cerca de  $7,2^\circ$  no chão (LIBAULT, 1975). A Figura 6 (A e B) ilustra a observação em Siena e o ângulo projetado pela sombra da estaca em Alexandria.

Esse fato levou Eratóstenes a crer que a Terra possuía um formato arredondado ou esférico, pois em uma cidade, o Sol estava incidindo verticalmente, enquanto em outra, os objetos projetavam sombra (Figura 6C). Se o formato do planeta fosse plano, o comportamento dos raios solares seria idêntico a qualquer outra região do mundo (Figura 6D).

Para estimar a circunferência, Eratóstenes necessitava descobrir o ângulo entre as duas cidades estudadas. Para isso, por uma questão de geometria básica, o “ângulo A” formado pela sombra da estaca é exatamente igual ao “ângulo B”, resultante da comparação de Siena e Alexandria, conforme ilustrado na Figura 6-B. Sabendo que a distância entre ambas as cidades era de 5.000 estádios, o filósofo concluiu que o comprimento das mencionadas áreas significava  $1/50$  avos do círculo. Assim, a circunferência terrestre deveria medir 50 vezes mais, ou seja, 250.000 estádios<sup>4</sup>, além de seu raio.

3 A latitude se refere ao ângulo formado entre algum ponto na superfície terrestre com o Equador, que divide o mundo em dois hemisférios: norte e sul. Pode, ainda, significar a distância entre o paralelo de origem (Equador) com qualquer outro, variando de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  (norte ou sul). Por sua vez, a longitude é a angulação de um local específico na superfície com o Meridiano de Greenwich (atualmente), podendo ir de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  leste ou oeste. Os paralelos e meridianos determinam a latitude e a longitude, respectivamente, são linhas imaginárias que no momento que se cruzam, localizam qualquer objeto por meio de uma coordenada geográfica (latitude e longitude).

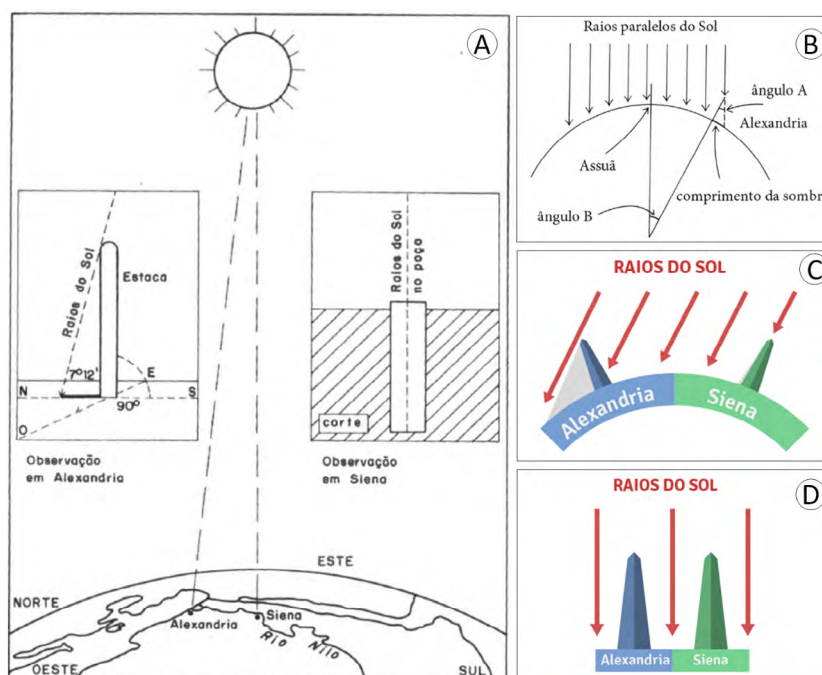
4 Na época do cálculo, existiam dois estádios que poderiam ser considerados como unidade padrão para fins de transformação de estádio para metros. Um estádio egípcio equivale a 157 metros, enquanto o estádio olímpico é 185 metros.



Assim, o diretor da biblioteca concluiu, por volta de 200 a.C., que a circunferência da Terra é aproximadamente de 39.250 km (estádio egípcio) ou 46.250 km (estádio olímpico), chegando muito próximo do que conhecemos hoje (40.075 km). Alguns equívocos podem ser atribuídos, como a distância entre as cidades não serem 5.000 estádios e

que elas não estão situadas em mesmas longitudes, além de Siena não estar situada exatamente no Trópico de Câncer, mas sim, um pouco mais ao norte. Sem dúvida, esses erros fizeram os cálculos se tornarem um pouco imprecisos, porém foi uma grande contribuição para a Cartografia e a Geografia, como, também, para a Geodésia.

Figura 6 – Medição da circunferência da Terra por Eratóstenes (A e B), comportamento dos raios solares e projeção de sombra com a Terra esférica (C) e com a Terra Plana (D).



Fonte: Oliveira (1993); Sagan (2006); CFC Global (s/d).

Após cerca de um século, por volta de 100 a.C., Posidônio (135-51 a.C.), político, astrônomo, geógrafo, historiador e filósofo estoico grego propôs uma estimativa para a circunferência da Terra, comparando a distância de Alexandria e Rodes, com a altura da Estrela Canopus. Sobre isso, Raisz (1969) destaca que:

Piores resultados foram obtidos na medida da Terra efetuada por Posidônio, um século mais tarde. Êste utilizou a distância entre Rodes e Alexandria para calcular a equivalência em graus, tomou a altura da estrela Canopus. Suas determinações possivelmente foram mais precisas do que as de Eratóstenes, porém não houve compensação nos erros, e seu resultado para medida da circunferência máxima terrestre, 18.000 milhas (29.000 km), é valor igual aproximadamente a  $\frac{3}{4}$  do verdadeiro. Enquanto  $1^\circ$  equivale a 700 estádios, conforme Eratós-

tenes, segundo Posidônio, equivale a 500 somente. Este último valor foi aceito por Ptolomeu e admitidos pelos geógrafos do século XV. Não é estranho que Colombo confundisse a América com a Ásia, pois havia calculado para menos o tamanho da Terra; o fato de se chamarem de Índios aos nativos americanos de determinadas regiões pode ser que obedeça, em última análise, às medições errôneas de Posidônio. (RAISZ, 1969, p. 14).

Entre todos os gregos o que mais se destaca é Cláudio Ptolomeu (90 a 168 d.C.), que foi astrônomo e matemático, apresentou uma enorme contribuição na área das ciências da Terra e da Astronomia, com destaque para Geografia e Cartografia. Sua obra "*Geographia*", tida como base da Cartografia científica, foi escrita em oito volumes, acompanhada de um mapa-múndi e 26 mapas detalhados. Não se sabe se o próprio Ptolomeu que os



preparou, mas eles datam dos tempos clássicos e constituem o primeiro Atlas Universal (RAISZ, 1969).

O primeiro volume da obra é dedicado aos princípios teóricos e traçados para a confecção de um globo<sup>5</sup>, além de técnicas de projeções de mapas. Os volumes II a VII apresentaram uma relação de 8.000 lugares com latitudes e longitudes, sendo que poucas destas foram calculadas, observadas ou deduzidas. A maioria foi adquirida de mapas antigos ou itinerários, como apresentados por Marino de Tiro, cuja contribuição se referiu aos sistemas de projeções e cartas planas. Já o último volume (VIII) é o mais importante, apresentando princípios carto-

gráficos, geográficos, matemáticos, de projeções e métodos de observação astronômica (RAISZ, 1969).

O mapa de Ptolomeu do mundo conhecido (Figura 7), isto é, a região mapeada englobava a Europa, Norte da África e Ásia, cobrindo uma área que se estendia do meridiano das Ilhas Afortunadas (as Ilhas Canárias) até as porções de terras chinesas. Apresentava um sistema de projeção cônica e uma identificação dos tipos de clima, variando de acordo com as latitudes, quantificação da duração dos dias, além da identificação das longitudes, cuja origem se dá no meridiano mais ocidental, nas Ilhas Afortunadas.

Figura 7 – Mapa de Ptolomeu do mundo conhecido com sistema de projeção e tipos de clima.



Fonte: Raisz (1969).

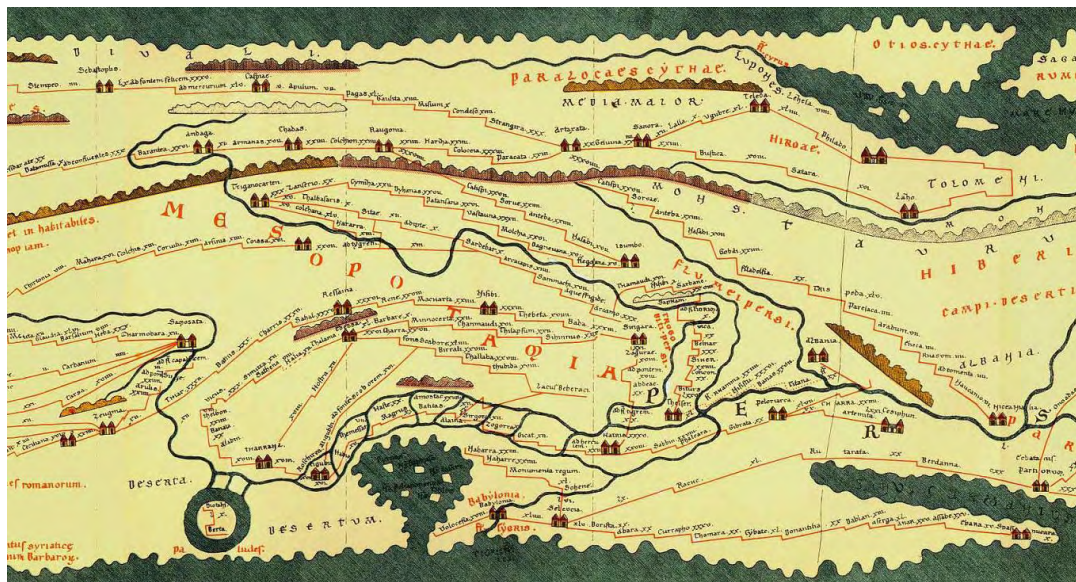
Outra grande contribuição de Ptolomeu para a Astronomia foi a obra “*Almagesto*”, que tratava a teoria matemática para corpos celestes, Sol, Lua, planetas e estrelas. Nesse trabalho, defende a teoria Geocêntrica, apresentando a Terra como centro do Universo e os demais corpos orbitando ao seu redor (MENEZES; FERNANDES, 2013).

Já a produção cartográfica do Império Romano se preocupava com a representação de áreas fronteiriças e rotas de circulação, com detalhamento para os itinerários (estradas da época). Como exemplo, temos a Tábua de Peutinger (Figura 8), a qual comprova a inquietação dos romanos no sentido de demonstrar as regiões ocupadas e suas vias de circulação. Além disso, produziram a *Orbis Terrarum*, tendo o Império Romano como centro.

5 Segundo Brown (1951) *apud* Oliveira (1993, p. 39), “Ptolomeu, já no século II, imaginava a possibilidade da construção de um globo, e em suas recomendações advertia: A linha equatorial deve ser graduada, e a numeração precisa ser iniciada, não no Meridiano de Alexandria, mas no meridiano mais ocidental, que é (sic) aquele que passa pelas ilhas Afortunadas, as quais se situam no Arquipélago do Cabo Verde. Daí em diante, trata-se apenas de salpicar cada lugar do globo conforme a sua latitude e longitude, determinada previamente de acordo com um estudo comparativo dos diários de viajantes, dos contos de carochinha e das histórias de marinheiros fanfarrões”.



Figura 8 – Tábua de Peutinger – o mapa-múndi da Roma Antiga.



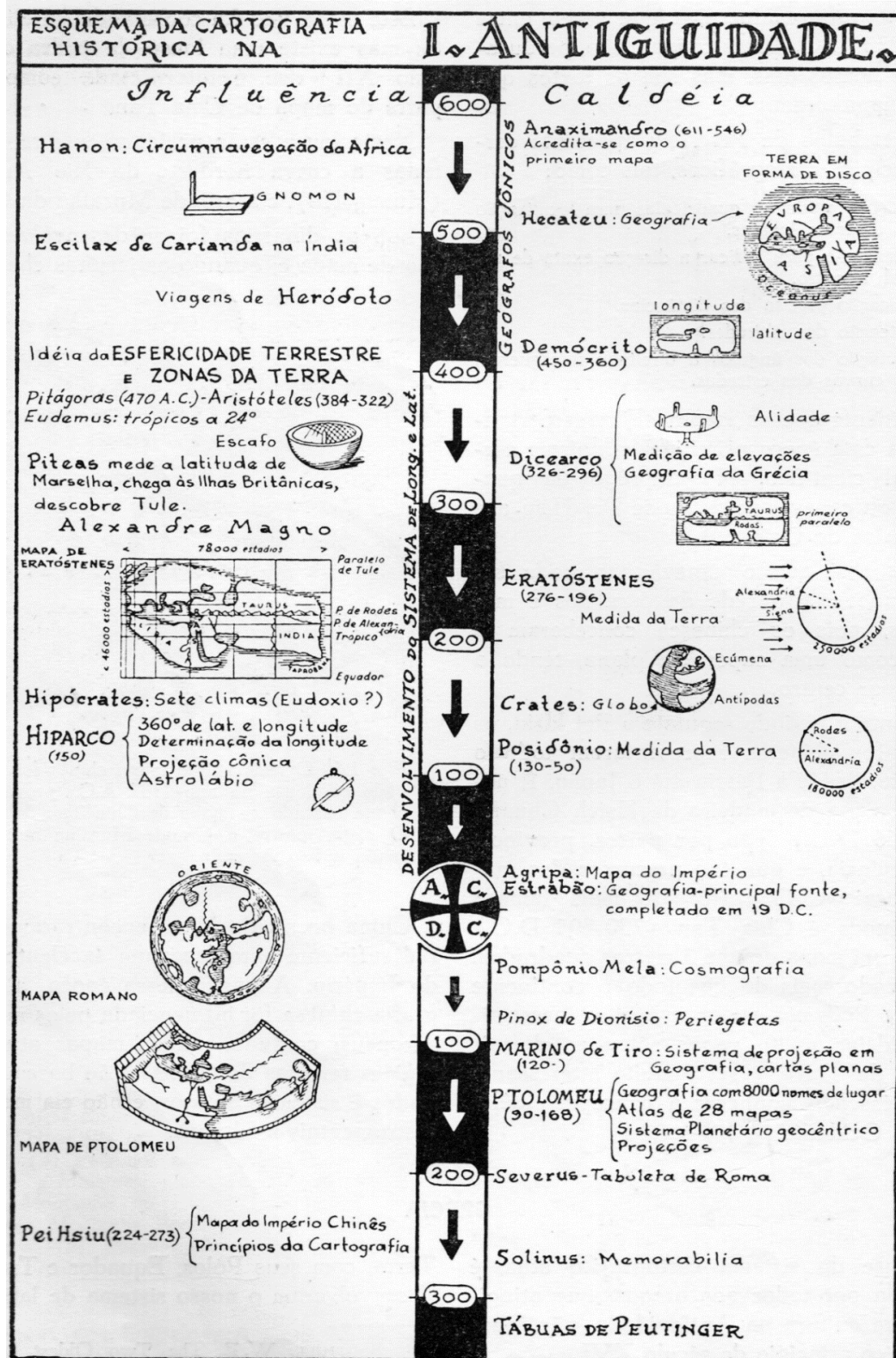
Fonte: História Mundi (2018).

Os trabalhos de Ptolomeu e a produção de outros pensadores não foram muito divulgados nesse período. Durante a Alta Idade Média, o conhecimento dos gregos ficou guardado pelos árabes e bizantinos, que eram bilíngues – falando árabe e grego – sendo o árabe a primeira língua para a qual a “Geographia”, de Ptolomeu, foi traduzida. Em 1409, com a queda de Constantinopla, houve a migração dos sábios para a Europa, fazendo com que a obra fosse traduzida para o latim, para o Papa Alexandre V, chamando-se “Cosmographia” (MENEZES; FERNANDES, 2013).

Conforme será exposto na sequência, o conhecimento científico que fora desenvolvido, desde a antiguidade, tornou-se “inexistente”, pois todas as informações eram controladas pela Igreja. Assim, a “Geographia” permaneceu desconhecida por vários séculos, mas serviu de base para a Cartografia científica no Renascimento. Segundo Duarte (2002, p. 32), “Ptolomeu representa ainda um dos marcos da Cartografia antiga, pois suas idéias influenciaram o mundo ocidental por muitos séculos”. A Figura 9 apresenta um esquema de linha do tempo das principais descobertas/invenções da Cartografia na antiguidade.



Figura 9 – Carta cronológica das principais invenções da Cartografia na antiguidade.



Fonte: RAISZ (1969).

The background is a stylized map with a grid of streets in shades of blue and brown. A large, white, bold number '2' is positioned on the right side of the image. In the top left corner, there is a small white 'x' icon. In the top right corner, there are two small white icons: a horizontal line and a circle.

# 2

## O conhecimento cartográfico na idade média:

da representação  
à visão de mundo



Do ponto de vista atual, a Idade Média é dividida em Alta Idade Média (do século V ao século X) e Baixa Idade Média (do século X ao século XV). Esse período Medieval é conhecido também como “Idade das Trevas” e “Noite de Mil Anos”, por ter durado praticamente mil anos (476 a 1543 d.C.), bastante turbulentos pelos acontecimentos ocorridos no Velho Continente. Dentre os fatos ocorridos, pode-se citar inúmeras invasões territoriais, guerras constantes, formação de vários reinos independentes, consolidação do sistema feudal com a economia baseada na agricultura, fusão da cultura romana com a germânica, teocentrismo e enfraquecimento da cultura laica, e, principalmente, fortalecimento do cristianismo e crescimento do poder interventivo da Igreja Católica, com exacerbação de poderes (XAVIER; CHAGAS; REIS, 2017).

A conquista do Império Romano do Ocidente pelos germânicos significou a ascensão do poder da Igreja. O extenso território romano foi dividido em pequenos reinos, com autoridade do Papa, do Rei e dos Senhores Feudais e do trabalho da gleba servil, cuja única fonte de renda era da produção de subsistência retirada da terra. Assim, a Alta Idade Média é marcada pelo poder centralizado na Igreja Católica e do Rei (XAVIER; CHAGAS; REIS, 2017).

Nesse contexto, após a conquista dos germânicos, o Império Romano foi dividido em três espaços culturais diferentes. Segundo Gaarder (2004, p. 191) “Na Europa ocidental, formou-se uma cultura cristã de língua latina, cuja capital era Roma. Na Europa oriental, surgiu um núcleo cristão de língua grega, cuja capital era Bizâncio”. Já no norte do continente africano e no Oriente Médio, desenvolveu-se uma cultura muçulmana de língua árabe. Nesse período, os árabes foram os responsáveis pela produção científica matemática, astronômica e na medicina. Culturalmente falando, a conquista do Império Romano levou a um gradativo declínio do conhecimento greco-romano e à formação da escola religiosa cristã.

Sobre a Cartografia na Idade Média, Duarte (2002) coloca que:

[...] foi das mais pobres, tendo-se um exemplo na obra denominada *Topografia Cristã*,

de autoria do frade Cosmas Indicopleustes, editada pelos idos do ano 535, em que este nega a existência de antípodas (lugar que seria diametralmente oposto a outro no globo terrestre); nega também a ideia da esfericidade dos céus e da Terra. Para ele, a *Bíblia* não podia admitir um mundo de face para baixo. Como poderia haver tamanha insensatez, acreditando-se que houvesse homens com os pés para cima, lugares com tudo dependurado ao contrário, árvores crescendo às avessas, ou então a chuva caindo de baixo para cima? Tais ideias seriam contrárias aos ensinamentos cristãos, pois a Teologia era a rainha das ciências e tudo que houvesse para ser dito já estaria contemplado nas Sagradas Escrituras. (DUARTE, 2002, p. 33).

Assim, o conhecimento cartográfico e geográfico existente, principalmente o grego, foi deixado de lado durante a Alta Idade Média, sobretudo pelo controle da Igreja Católica. Nesse sentido, Raisz (1969) coloca que a Idade Média, no que remete a concepção cartográfica, representou “[...] uma regressão lamentável a todo o progresso anterior, em que os gregos haviam pontificado. Todas as conquistas científicas, no campo da astronomia e da matemática, foram postas de lado, em prol de conceitos puramente religiosos [...]” (RAISZ, 1969, p. 19). Dessa maneira, a Cartografia Medieval, segundo Menezes e Fernandes (2013, p. 30), “[...] é menos terrestre, física, e mais celeste e metafísica. Em vez de uma representação do mundo, a Cartografia medieval é uma visão de mundo. Nesse momento histórico, a Cartografia foi definida pelos mapas *Orbis Terrarum* (T/O)”.

Esses mapas T/O ou “T” no “O”, demonstravam a simplicidade do mapeamento da época. Eles representavam os três continentes, ou seja, a Europa, Ásia e a África, separados por corpos de água, representados pela letra “T”. A parte vertical do “T”, referia-se ao mar Mediterrâneo, enquanto o braço esquerdo seria o rio Danúbio e o braço direito o rio Nilo. Já a letra “O”, seria o limite da representação (os oceanos circundantes). Geralmente, Jerusalém, o centro do mundo na Idade Média, ocupava o centro desses mapas por ser uma Terra Santa. A Figura 10 apresenta exemplos de mapas T/O, com algumas

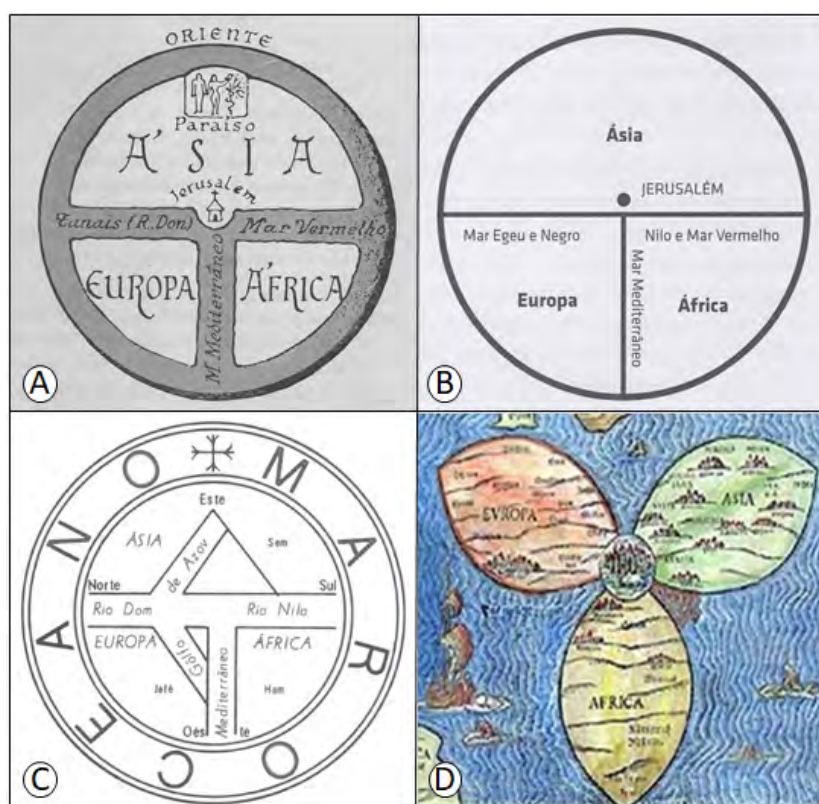


variações, porém, sempre mantinham a estrutura circular delimitada por corpos de água.

Durante a Idade Média, foram produzidos muitos mapas desde o Século VII até o século XV. Até hoje, descobriu-se mais de 600, quase todos apresentando a mesma simplicidade e muitos contêm um pouco mais que o clássico T no O (RAISZ,

1969). Além disso, apareciam novas discussões referentes a forma da Terra. Nesse contexto, segundo Duarte (2002, p. 34), “[...] sendo que uma delas dizia que se Deus criou a Terra, deve tê-la concebido na forma geométrica mais perfeita: a esfera. E então, aos poucos, a idéia da esfericidade de nosso planeta vai se firmando”.

**Figura 10 – Modelos de mapas T/O da Idade Média: a perfeição geométrica e a simplicidade e sua interpretação (A e B), mapa T/O de Isidoro, o mais esquemático de todos os concebidos em seu tempo (C) e “o Mundo Inteiro numa Folha de Trevo” (D) de Heinrich Bünting.**



Fonte: Oliveira (1993); Menezes; Fernandes (2013); IBGE (2018).

Percebe-se, então, que a Cartografia, no mundo Ocidental, entrou em uma fase de estagnação, em que todos os conhecimentos realizados anteriormente foram substituídos por uma representação simbólica da Terra, com caráter religioso (IBGE, 2018). Por outro lado, o mundo não é totalmente cristão. Enquanto as restrições eram impostas pela Igreja, ao mundo cristão, o conhecimento cartográfico se desenvolvia em outros lugares, principalmente com os árabes, com sua religião, o islamismo, pois eram um povo que se deslocava muito, sobretudo pelo número de territórios conquistados ao norte do

continente africano e no Oriente Médio. Por isso, acabaram desenvolvendo estudos sobre a Geografia dos locais visitados, levando à elaboração de mapas, à orientação espacial, a partir de Meca, que é o centro religioso do mundo Islâmico.

Deste modo, o mundo muçulmano desenvolveu uma tradição da Antiguidade Clássica, possuindo grandes dotes de conhecimento referente à Astronomia, Matemática e Geometria, mas, também, tiveram hábeis geógrafos e cartógrafos. Seu preceito religioso, de visitar Meca, favoreceu o conhecimento





de muitos lugares. Ademais, conservaram a “*Geographia*” de Ptolomeu, desaparecida no Ocidente, conseguindo exatidão e detalhamento, seguindo as diretrizes traçadas pelos gregos (RAISZ, 1969).

Al-Idrisi (1100-1165 ou 1166) foi o nome que mais se destacou na Cartografia árabe, elaborando um mapa-múndi gravado em prata, a pedido do Rei Roger II, da Sicília. O mapa apresentava uma riqueza de detalhes de fronteiras e rotas para a época,

sendo chamada de Tábula Rogeriana (Figura 11), organizado em uma grosseira projeção retangular e conforme aponta Raisz (1969, p. 21), a Ásia contém bastante detalhes. Já “[...] os mares Cáspio e Aral aparecem perfeitamente representados sem a deformação dos mapas antigos. Na configuração da África observa-se a influência de Ptolomeu, mas já a China e África não estão unidas. O mapa está orientado com o sul para cima [...]”.

**Figura 11 – Cópia moderna da Tábula Rogeriana (o grande mapa de Al-Idrisi), orientada com o sul no topo, finalizado em 1154.**



Fonte: *My Old Maps* (s/d).

Durante a Baixa Idade Média, principalmente nos séculos XI e XII, tem-se uma crescente utilização da bússola. Rodgers (2013) aborda que:

Cientistas e historiadores não sabem quando os princípios por trás das bússolas magnéticas foram descobertos. Os gregos antigos entendiam o magnetismo. Já há 2.000 anos, os cientistas chineses sabiam que esfregar uma barra de ferro (como uma agulha) com um ímã natural, chamado de magnetita, magnetizaria temporariamente a agulha para que ela apontasse para o norte e o sul. [...] Os historiadores acreditam que a China pode ter sido a primeira civilização a desenvolver uma bússola magnética que poderia ser usada para a

navegação. Os cientistas chineses podem ter desenvolvido bússolas de navegação já no século XI ou XII. Os europeus ocidentais logo seguiram no final do século XII<sup>o</sup>. (RODGERS, 2013, p. 2-3, tradução nossa).

No fim da Idade Média, com a difusão da bússola no continente europeu, aliada a um novo tipo de mapa, muito mais exato se comparado aos mapas T/O, surgem os portulanos. Segundo Menezes e Fernandes (2013, p. 30), as Cartas Portulanas ilustram “[...] a posição dos portos de diferentes países, bem como indicação de norte e sul, ilustrada pela rosa dos ventos, e voltadas para a navegação e o comércio”. Sua característica principal era apre-

6 [Citação original] “Scientists and historians don’t know when the principles behind magnetic compasses were discovered. Ancient Greeks understood magnetism. As early as 2,000 years ago, Chinese scientists may have known that rubbing an iron bar (such as a needle) with a naturally occurring magnet, called a lodestone, would temporarily magnetize the needle so that it would point north and south. Historians think China may have been the first civilization to develop a magnetic compass that could be used for navigation. Chinese scientists may have developed navigational compasses as early as the 11th or 12th century. Western Europeans soon followed at the end of the 12th century”. (RODGERS, 2013, p. 2-3).



sentar o azimute<sup>7</sup> a partir de determinados portos, além de apresentar, detalhadamente, o contorno litorâneo dos países, identificados com nome das localidades. A Figura 12 apresenta exemplos de Cartas Portulanas do Mar Mediterrâneo (Figura 12A) e do Brasil no século XVI (Figura 12B).

Por ser um documento de navegação, a maioria das representações portulanas apresentam

o interior dos continentes com a cor branca ou sem mais informações. Já a carta Terra Brasilis (Figura 12B), apresenta uma visão da fauna e da flora brasileira, destacando os índios carregando árvores de Pau-Brasil, demonstrando o exotismo e a riqueza de novos territórios, ressaltando o poder da representação gráfica para a garantia de um domínio colonial (KNAUSS; RICCI; CHIAVARI, 2010).

Figura 12 – Carta Portulana do Mar Mediterrâneo de 1569 (A) e Terra Brasilis, incluída no Atlas Miller de 1519 (B).



Fonte: Biblioteca Digital Mundial (s/d); Knauss; Ricci; Chiavari (2010).

A tradução da “*Geographia*” de Ptolomeu, do grego para o latim, foi iniciada por Emanuel Crysola-

ras e concluída por um dos seus discípulos, Florentino Jacobo d’Angiolo, em 1406 ou 1407. “Essa versão

7 Segundo Friedmann (2009, p. 30), o azimute é definido pelo “[...] ângulo plano horizontal formando entre a direção Norte e uma direção especificada. Esse ângulo é computado no sentido horário, a partir da direção Norte”.



latina do texto circulou entre os letrados da Europa, mas a elaboração dos mapas e a difusão da obra completa aconteceram apenas na segunda metade daquele século” (VELOSO FILHO, 2010, p. 190).

Assim, a partir do século XII, tem-se uma diminuição dos preceitos teológicos da Alta Idade Média e uma divulgação científica de estudos realizados antigamente. A ciência e a tecnologia da época se aproximam, ocorrendo inúmeras descobertas, principalmente por estudiosos, mas, também, pelas Grandes Navegações. Lira (1992), coloca que:

[...] os supostos cientistas que governaram a Alta Idade Média caem gradualmente, desaparecendo a base teológica, dogmática e quase não operacional da ciência, para avançar para os primeiros estágios da pesquisa racional com uma base empírica e prática eminente. A ciência não é mais um conhecimento abstrato e especulativo para se tornar, gradualmente, um conhecimento demonstrável e operacional. [...] Ciência e tecnologia, a partir desses momentos, estão intrinsecamente ligadas. A exploração geográfica como a mais empírica de todas as formas de pesquisa e, portanto, como a atividade que exigia um maior grau de tecnologia, seria, portanto, constituída na ciência pela antonomásia do século XV<sup>8</sup>. (LIRA, 1992, p. 118, tradução nossa).

A Figura 13 ilustra o esquema cronológico das principais produções teóricas e cartográficas da Idade Média.

8 [Citação original] “[...] van cayendo gradualmente los supuestos científicos que habían regido la Alta Edad Media, desapareciendo la base teológica, dogmática e casi no operativa de la ciencia, para pasar a los primeros estadios de investigación racional con una eminente base empírica y práctica. La ciencia va dejando de ser un saber abstracto y especulativo para convertirse, paulatimamente, en un conocimiento demostrable y operativo. [...] Ciencia y tecnología irán, a partir de estos momentos, indisolublemente unidas. La exploración geográfica como la más empírica de todas las formas de investigación, y por tanto como la actividad que requería un mayor grado de tecnología, se constituiría, pues, en la ciencia por antonomásia del siglo XV”. (LIRA, 1992, p. 118).



Figura 13 – Carta cronológica das principais invenções da Cartografia na Idade Média.



Fonte: Raisz (1969).

The background is a dark blue map with a grid of streets and some brown areas representing parks or water. A magnifying glass with a blue handle and a white lens is positioned over the map. The number '3' is written in a large, white, sans-serif font, partially overlapping the magnifying glass and the map.

# 3

A cartografia  
no renascimento:  
a busca pelo conhecimento  
em outras ciências



A passagem da Idade Média para a Idade Moderna foi marcada por mudanças no continente europeu. O desenvolvimento das cidades e do comércio, a burguesia se tornando um grupo social muito poderoso, enquanto a nobreza e o clero perderam a importância. Além disso, a necessidade de maiores deslocamentos e invenções trouxeram novas formas de pensar o mundo. Tem-se, então, o surgimento do Renascimento como oposição ao período das trevas ou escuridão, como ficou conhecida a Idade Média.

Historicamente, embora os limites cronológicos estejam em discussão, a data aceita pela maioria dos pesquisadores, a Idade Moderna se inicia com a tomada de Constantinopla pelos turcos otomanos, em 29 de maio de 1453, até a Revolução Francesa, no dia 14 de julho de 1789. Raisz (1969) diz que nunca, ao longo da história, evoluiu-se tanto a respeito da Terra, como nas proximidades de 1500 e aponta três fatos que contribuíram para o renascimento da Cartografia na Idade Moderna.

O primeiro, e já comentado, foi a tradução da “*Geographia*” de Ptolomeu para o latim, no início do século XV. A importância da divulgação dessa obra para os europeus estava na possibilidade para estudar o mundo a partir de informações sonhadas por séculos, por meio dos mapas cristãos (CARVALHO; ARAUJO, 2008). Destaca-se que essa obra apresentava uma grande contribuição, indicando a longitude e a latitude de várias localidades. Entretanto, os mapas se tornaram desatualizados para o Século XV. Assim, as “Tábuas Modernas” foram adicionadas às reedições da “*Geographia*”, com representações da Espanha, França e Itália, tornando-se os primeiros mapas realizados na Idade Moderna.

O segundo fato que se destaca para o renascimento da Cartografia foi a invenção da Imprensa e a Arte de Gravar por Johannes Gutenberg (1398-1468). Até então, os mapas eram confeccionados a mão, sendo muito trabalhoso e oneroso suas produções. Nesse sentido, “Com a Imprensa e gravação, podia-se obter 1.000 cópias de uma só prancha e, em consequência, o preço baixou

a uma pequeníssima parte do que valiam antes” (RAISZ, 1969, p. 24).

Sobre a invenção da imprensa, Hartier (1994), coloca que:

A revolução do nosso presente é, com toda certeza, mais que a de Gutenberg. Ela não modifica apenas a técnica de reprodução do texto, mas também as próprias estruturas e formas do suporte que o comunica a seus leitores. O livro impresso tem sido, até hoje, o herdeiro do manuscrito: quanto à organização em cadernos, à hierarquia dos formatos, do livro do banco ao libellus; quanto, também, aos subsídios à leitura: concordâncias, índices, sumários etc. (HARTIER, 1994, p. 187).

O terceiro e último fator que contribuiu para o renascimento cartográfico foram os Grandes Descobrimientos. Eles permitiram um grande conhecimento do planeta como um todo, principalmente com a chegada dos europeus no continente americano. A Escola de Sagres, voltada aos estudos náuticos, instituída em Portugal, possuía uma disputa particular com a Espanha na questão de explorar novas terras e riqueza. Assim, os portugueses visualizaram a necessidade de aperfeiçoamento marítimo para se destacar na corrida expansionista, preparando os futuros navegadores. Nesse sentido, segundo Gaspar (2015):

À medida que novas terras eram descobertas pelos europeus de que os membros da delegação se desenvolviam e aperfeiçoavam, o conhecimento da Geografia do nosso planeta, bem como uma forma de representar os mapas de então, completavam-se e aperfeiçoavam-se também. [...] É sabido, contudo, que a maior parte das cartas marítimas europeias do século XV foram, seguramente, influenciadas pelos descobrimentos portugueses, ou mesmo baseadas em protótipos portugueses que entretanto se perderam. O mais notável monumento do cartográfico produzido nesta época é, porventura, o planisfério Anônimo de 1502, vulgarmente conhecido por planisfério de Cantinho [...], no qual estão registrados todos os descobrimentos europeus até à data, incluindo os resultados das explorações de Vasco da Gama, de Pedro Álvares Cabral, e dos



primeiros reconhecimentos realizados no oriente. (GASPAR, 2015, p. 2).

Essa disputa expansionista entre Portugal e Espanha colaborou para o desenvolvimento de noções voltadas à Astronomia, à Geografia e à Cartografia. Segundo Raisz (1969, p. 24), “Os primeiros descobrimentos importantes foram realizados pelos portugueses ao longo da costa ocidental da África e as novas terras foram representados em mapas soltos do tipo Portulano, nos atlas daquele tempo”. A influência dos estudos de Ptolomeu no conhecimento científico do século XV fez com que algumas inconsistências fossem replicadas. Por exemplo, a forma alongada que Ptolomeu desenhou o Mediterrâneo contribuiu para que calculasse para menos o comprimento do grau, ameaçando parecer errôneo o traçado correto das Cartas Portulanas. Contudo, alguns erros de Ptolomeu trouxeram consequências positivas, como sua estimativa da circunferência da Terra para menos, se baseando no estudo de Posidônio, a qual foi um fator decisivo para a convicção que Cristóvão Colombo tinha de facilmente chegar à Ásia, navegando pelo Oeste (RAISZ, 1969).

O detalhamento de novos territórios, tanto no sentido locacional, como riquezas naturais e econômicas, “encontradas” pelas Grandes Navegações, pode ser visualizada na obra “*História e Província de Santa Cruz a que vulgarmente chamamos de Brasil*”, do autor Pero de Magalhães de Gândavo. Segundo Gândavo (2004):

Esta província Santa Cruz está situada naquela grande América, uma das quatro partes do mundo. Dista o seu princípio dois graus da equinocial para a banda do Sul, e daí se vai estendendo para o mesmo sul até quarenta e cinco graus. De maneira que parte dela fica situada debaixo da Zona tórrida e parte debaixo da temperada. Está formada esta Província à maneira de uma harpa, cuja costa pela banda do Norte corre do Oriente ao Ocidente e está olhando diretamente à Equinocial; e pela do Sul confina com outras Províncias da mesma América povoada e possuídas de povo gentílico, com que ainda não temos comunicação. E pela do Oriente confina com o mar Oceano Áfrico, e olha diretamente os Reinos de Congo e Angola até o Cabo de

Boa Esperança, que é o seu oposto. E pela do Ocidente confina com as altíssimas serras dos Andes e fraldas do Peru, as quais são tão soberbas em cima da terra aqui se diz terem as aves trabalho [...]. Destes e doutros extremos semelhantes carece esta Província Santa Cruz porque com ser tão grande não tem Serras, ainda que muitas, nem desertos nem alagadiços que com facilidade se não possam atravessar. Além disto, é esta Província sem contradição a melhor pera a vida d.C. homem que cada uma das outras de América, por ser comumente de bons ares e fertilíssima, e em grão maneira deleitosa e aprazível à vista humana. (GÂNDAVO, 2004, p. 7-8).

Durante os séculos XIV e XV, a navegação das embarcações eram feitas pelo método de rumo e estima. Conforme Oliveira (2017, p. 12), “[...] os navegadores usavam a bússola para indicar o ângulo dos rumos traçados, estimavam as distâncias percorridas e traçavam os pontos nas cartas, que eram projeções planas dos principais mares e enseadas que se era comum navegar naquela época”. Todavia, esse modo era discrepante, pois o rumo adquirido pela bússola, além da influência da declinação magnética, e as distâncias percorridas eram por estimativas empíricas.

A partir da metade do século XV, a obtenção das latitudes dos locais visitados se tornou possível pela observação da altura angular dos astros celestes. Assim, Reis (2002) *apud* Oliveira (2017, p. 13):

O novo método era, na realidade, uma incrementação do anterior. O piloto continuava a estimar a distância percorrida, conservando-se o ângulo do rumo, medido constantemente pela bússola, sendo que, agora, possuía uma excelente informação, que era as latitudes de partida e de chegada, tomadas astronômica. Quando o procedimento do rumo e da estima coincidia com a latitude de chegada em um dado percurso, o piloto seguia confiante com sua localização. Porém, quando havia discrepância, ele teria que decidir em reajustar empiricamente o rumo ou a distância. (REIS, 2002 *apud* OLIVEIRA, 2017, p. 13).

Nesse contexto, um dos mais importantes cartógrafos, considerado o pai da Cartografia Moderna, Gerhard Kremer, latinizado como Gerardo

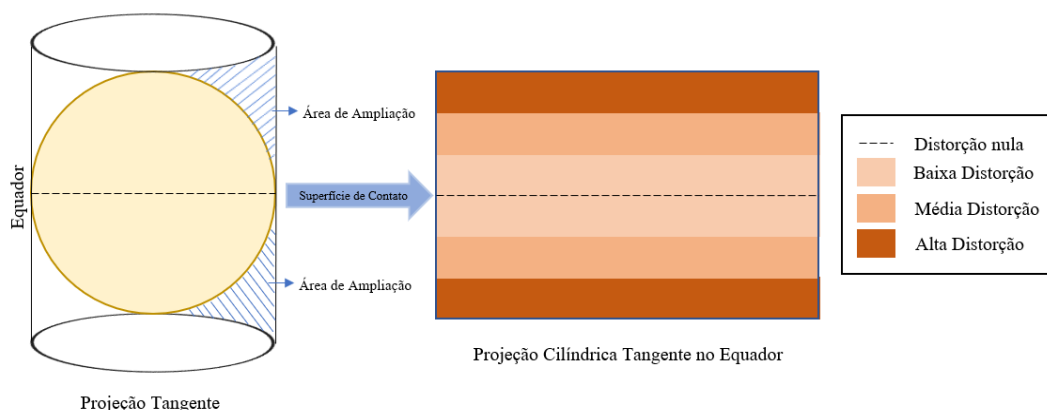


Mercator (1512-1594), foi geógrafo, cartógrafo e matemático flamengo com contribuições de extrema importância no que tange aos conhecimentos de mapeamentos e sua utilização prática. Talvez, seja o autor da projeção cilíndrica mais famosa e difundida, conhecida como Projeção de Mercator, apresentada no mapa-múndi *Nova et aucta orbis Terrae descriptio ad usum navigantium emendate accomodata* (Nova aumentada descrição da Terra com correções), para o uso de navegação com meridianos e paralelos retilíneos e perpendiculares, com propriedade conforme<sup>9</sup>.

Para manter a conformidade foi necessário adotar um crescimento de cada grau de latitu-

de a partir do Equador, na mesma proporção que os graus de longitude são acrescidos pela própria projeção (OLIVEIRA, 1993). Nesse sentido, ao comparar os paralelos da Projeção de Mercator, observa-se que eles são mais espaçados à medida que se aproximam dos polos, justamente para conservar o ângulo da representação. Conseqüentemente, a escala de um mapa com Projeção de Mercator se modifica de um paralelo para o outro. Assim, podemos dizer que esse tipo de mapa só apresenta uma escala constante no ponto de Tangência (Equador), tendendo-se ao infinito conforme se distancia do local em questão, aumentando a deformação, conforme exemplificado na Figura 14.

Figura 14 – Projeção cilíndrica tangente no Equador e suas distorções.



Fonte: Rizzatti (2022).

Deste modo, ao representar grandes porções de terras em médias e altas latitudes, a dimensão (área) desses locais não condiz com a realidade, visto que o objetivo da projeção é conservar o ângulo, ao invés da similitude entre as áreas do mapa e na superfície terrestre, que é a preocupação de projeções equivalentes. Nesse sentido, tem-se o exemplo comparativo entre a dimensão territorial da

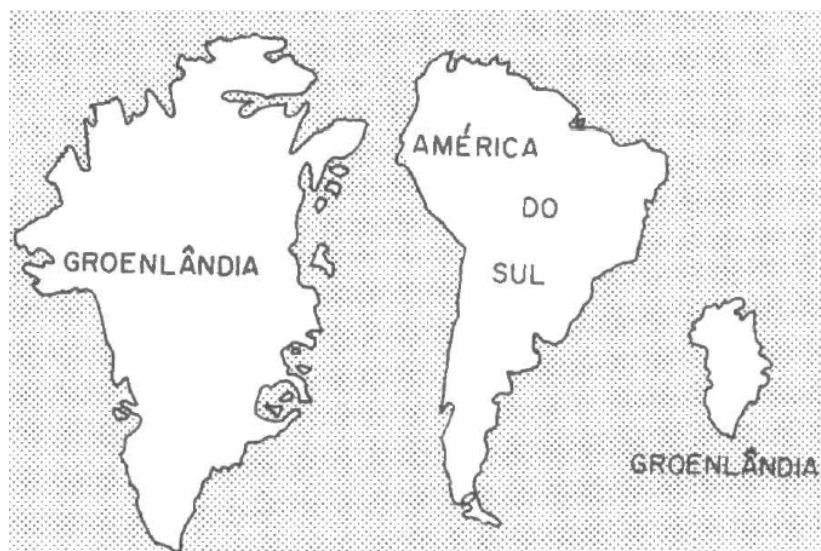
Groelândia, que tem aproximadamente 2.175.600 quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) com a América do Sul, que conta com cerca de 17.800.000 km<sup>2</sup> de área, que, no mapa de Mercator, ambas aparecem do mesmo tamanho, conforme a Figura 15.

<sup>9</sup> As projeções conformes possuem como característica central manter inalterada as grandezas dos ângulos. Busca-se, também, manter a similitude entre as regiões representadas, ou seja, a forma das feições representadas no mapa mante-se igual a superfície terrestre. Entretanto, para manter a similitude das formas, são alteradas as áreas (DUARTE, 2002).





Figura 15 – Groelândia, a esquerda, tal como é representada na projeção de Mercator, e, na direita, a América do Sul, um continente cerca de 8 vezes maior que a ilha ártica. Na direita, tem-se a representação da ilha em sua dimensão real.



Fonte: Oliveira (1993).

Essa comparação entre diferentes regiões nos mapas faz a projeção de Mercator ser bastante criticada nos dias de hoje por privilegiar a dimensão territorial de países de médias e altas latitudes, principalmente os europeus, o que poderia justificar o sentido ideológico à hegemonia econômica, política e territorial da região. Apesar disso, cabe destacar que é um equívoco do usuário/leitor comparar projeções de diferentes propriedades, ou seja, concluir que a projeção de Mercator está errada pelo fato da distorção de área existente. O que necessita ser ressaltado é o objetivo de cada um dos mapas quanto a sua finalidade: é conservar o ângulo do *grid* de coordenadas, a distância linear ou a área territorial. Assim, é recomendável evitar comparações entre projeções cartográficas com propriedades diferentes (conformidade de Mercator e equivalência<sup>10</sup> de Peters, por exemplo), visto que cada uma delas foi desenvolvida para cumprir determinada função.

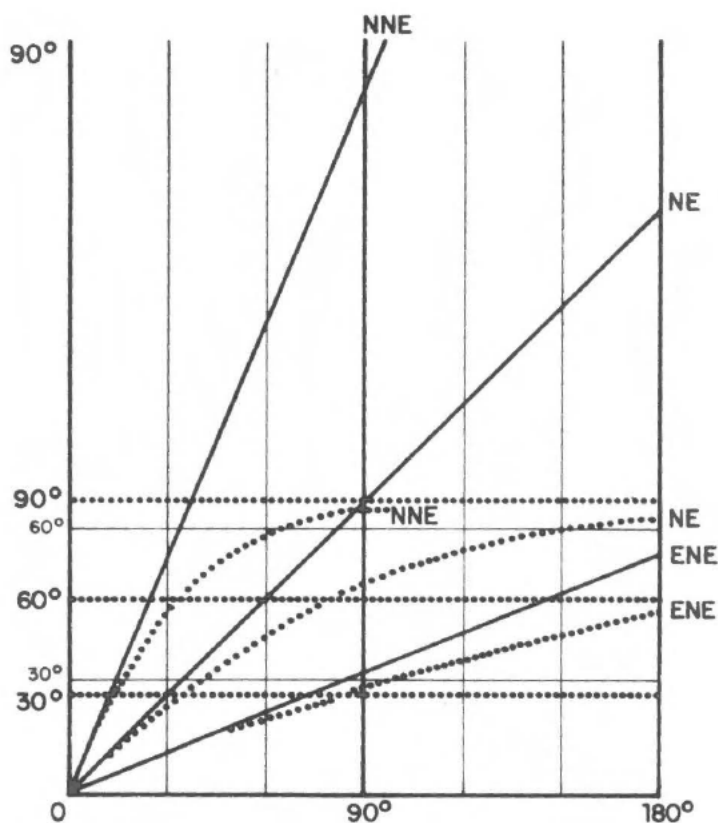
Ainda sobre Mercator, sua projeção revolucionou a Cartografia Moderna pela aplicabilidade na navegação com mapa e bússola. Segundo Oliveira (1993, p. 21), “Os navegadores daquele tempo lamentavam a falta de cartas exatas para a navegação”, sendo uma motivação para Mercator, na concepção da projeção. Conforme já mencionado, os paralelos e os meridianos são linhas perpendiculares, formando sempre ângulos retos. Nesse contexto, Mercator contribuiu com a navegação marítima através da linha laxodromia<sup>11</sup> na sua projeção, em que, navegar de um ponto inicial para um destino qualquer, basta uni-los por uma linha reta, o azimute será constante, permitindo uma navegação fixa com uma bússola. A Figura 16 ilustra o comportamento da laxodromia na projeção de Mercator.

<sup>10</sup> Segundo Duarte (2002, p. 98), a propriedade da equivalência, consiste em “Conservar a relação entre áreas da superfície terrestre com as representadas no mapa. As projeções deste tipo mantem a proporção de tamanho entre a superfície real e a do desenho [...]”.

<sup>11</sup> Segundo Libault (1975, p. 123), “Utilizando uma carta em projeção de Mercator, tracemos uma linha reta de um porto inicial até um porto final de navegação. É evidente que está reta cortará todos os meridianos sob um mesmo ângulo  $\gamma$ . Transportada para a esfera, esta linha desenvolverá uma curva transcendente, chamada de loxodromia”.



Figura 16 – Raciocínio de Mercator em propor numa projeção plana quadrada (pontilhado) as laxodromas retas (linhas contínuas).



Fonte: Oliveira (1993).

O século XVII marca o ponto inicial de grandes levantamentos, principalmente os franceses, mas também, os ingleses e, logo a seguir, os alemães realizaram excelentes trabalhos geodésicos e cartográficos, utilizando inúmeros instrumentos, como o teodolito, do inglês Jesse Ramsden, construído em 1787. Um pacote de ações foi desenvolvido pelos cientistas franceses, no final do século XVII, já com a disposição de um meridiano no país. No entanto, os cientistas da época preocupavam-se, crescentemente, com a suspeita de que a Terra não era uma esfera perfeita. Se a Terra for esferoidal, qual seria o eixo maior, o que passa através dos polos ou o que passa no plano equatorial (OLIVEIRA, 1993).

A preocupação em conhecer o território foi demonstrada por uma série de países, como no governo de Colbert, ministro de Luís XIV, que solicitou uma

série de levantamentos para determinar o meridiano da França. Nesse sentido, segundo Oliveira (1993):

Na medição de um pequeno triângulo, próximo da latitude de Paris, verificaram que um grau de longitude, que deveria ter 37 307 toesas<sup>12</sup>, se se tratasse de uma esfera perfeita, foram encontrados 36 670 toesas, o que era demonstrado que os graus de latitude diminuíam cada vez mais em relação à direção do pólo. A solução que se impunha era o levantamento de dois arcos de meridiano, um nas proximidades do equador e outro não longe de um dos pólos. Surgiu, assim, na história da geodésia moderna, o grande acontecimento, que foi a medição do arco de Quito, de 1735 a 1745, e a do arco do Golfo de Bótnia, no Ártico, iniciado em 1736. [...] a triangulação nas proximidades da linha equatorial estendeu-se numa distância de três graus. (OLIVEIRA, 1993, p. 23).

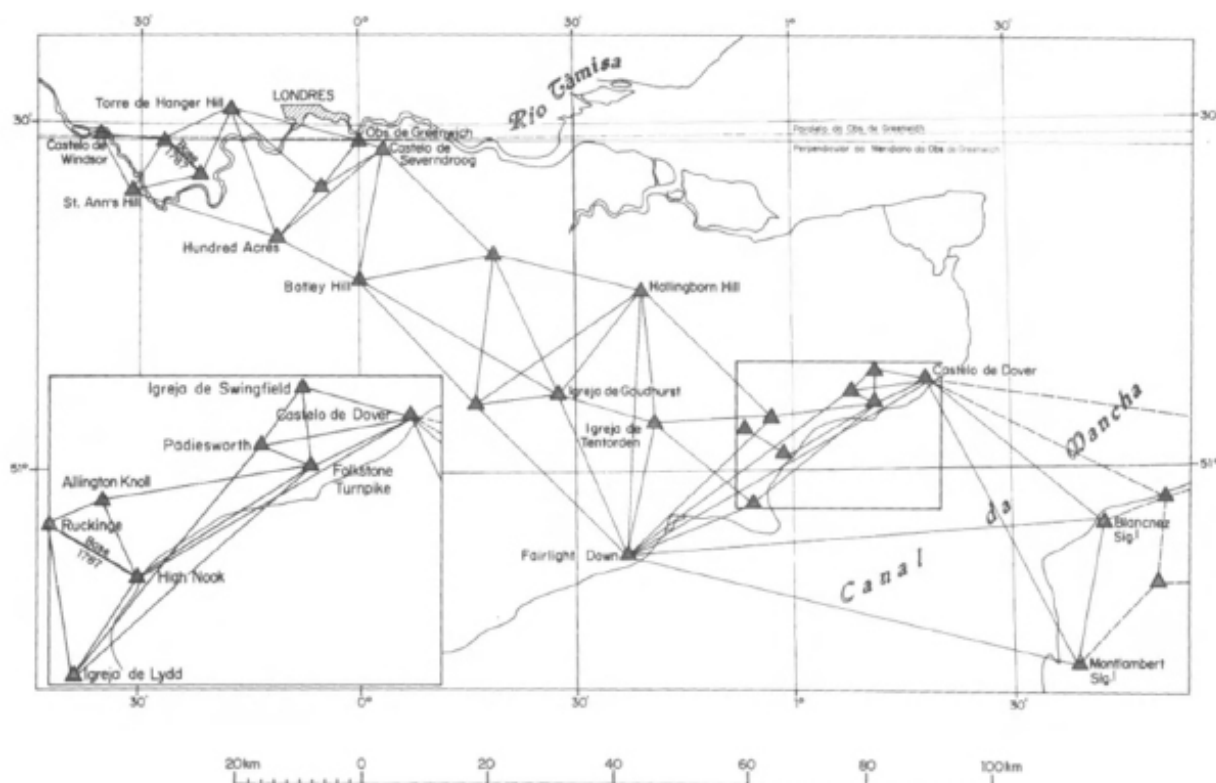
12 Uma toesa equivale a 1,949 metros.



Nesse contexto, precisava-se de um levantamento com precisão na Europa. A recomendação para o levantamento trigonométrico entre Londres e Dover partiu de César François Cassini. O general William Roy foi o encarregado pelo levantamento que atravessa o canal da Mancha, no Estreito de Dover, com cerca de 42 km, ligando duas estruturas

geodésicas, conforme ilustrado na Figura 17. O holandês Snellius, realizou, em 1617, a primeira triangulação<sup>13</sup> com teodolito para a medição de ângulos. Agora, na grande triangulação iniciada por Roy, o teodolito de Jesse Ramsden, construído pela *Royal Society*, está na história como a primeira triangulação de alta precisão (OLIVEIRA, 1993).

Figura 17 – Triangulação no Canal da Mancha, com a rede de triângulos entre os meridianos de Greenwich e Paris.



Fonte: Oliveira (1993).

Desde o início do Renascimento, a influência da Igreja foi perdendo força aos poucos no que tange ao conhecimento científico. Cabe ressaltar que o formato da Terra como sendo planificada foi cada vez menos aceita, principalmente pelas descobertas das Grandes Navegações. Embora já se tivesse noção da esfericidade terrestre desde a Grécia Antiga, com estudos de Pitágoras e com o experimento de Eratóstenes, Isaac Newton (1643-1727), astrônomo, físico e matemático, autor da obra *Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*, datado

de 1687, foi pioneiro a detalhar a esfericidade terrestre, com achatamento nas regiões polares. Nesse sentido, conforme Newton (2012):

[...] o diâmetro da terra no equador está para o diâmetro de pólo a pólo assim como 230 está para 229. E como o semidiâmetro médio da terra, de acordo com a medida de Picard, é 19615800 pés de Paris, ou 3923,16 milhas (calculando 5000 pés por milha), a terra será mais alta no equador do que nos pólos por 85472 pés, ou 17 milhas. E sua altura no equador será apro-

13 Segundo Libault (1975, p. 86) "A primeira articulação de frações de linhas geodésicas medidas foi efetuada em 1617, numa região bem plana, por um cientista holandês Snellius [...]. A figura da poligonização era a mais simples e a mais segura: o triângulo. Todas tentativas anteriores para medir o comprimento do arco geodésico na superfície da Terra revelaram-se bastante duvidosas e de pouca precisão, de modo que a medição e a construção de um triângulo, a partir de seus lados, não se faz sem uma probabilidade bem grande de erros. A ideia básica de Snellius foi substituir a medida dos comprimentos pela dos ângulos; a operação é rápida e, mesmo aquela época, foi suficientemente exata".



ximadamente 19658600 pés e nos pólos 19573000 pés. (NEWTON, 2012, p. 216).

Deste modo, as experiências pendulares, relatadas na preposição XX do “*Principia*” (livro III), mostram que há uma diminuição da gravidade, ocasionada pela rotação diurna da Terra, fazendo com que a terra seja mais alta no equador que nos polos, supondo que a matéria seja uniformemente densa (NEWTON, 2012).

Seguindo o mesmo raciocínio de Newton, o astrônomo francês Jean Richer (1630-1696), observou que em Caiena, na Guiana Francesa, próximo à linha equatorial, um relógio com um pêndulo de um metro atrasava cerca de dois minutos e meio por dia, quando comparado as mesmas situações em Paris (FITZ, 2008a). Conforme Fitz (2008a), Richer, utilizando o princípio gravitacional de Newton, conseguiu perceber:

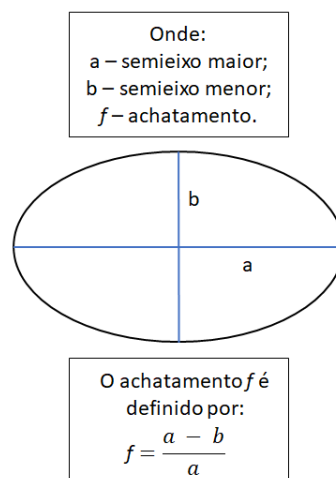
[...] uma relação entre as diferentes gravidades experimentadas nas proximidades do Equador e em Paris. A situação observada, do atraso no pêndulo, levou-o à conclusão que, na zona equatorial, a distância entre a superfície e o centro da Terra deveria ser maior do que essa distância quando mensurada na proximidade dos polos, ou seja, de que o Planeta não seria uma esfera perfeita, e, sim, “achatada”. Surgia, então, a ideia da forma de um elipsoide (figura matemática cuja superfície é gerada pela rotação de

uma elipse em torno de um dos seus eixos) para o Globo (FITZ, 2008a, p. 15).

Assim, o elipsoide ou elipsoide de revolução pode ser conceituado como a figura matemática da Terra, possuindo um semieixo maior (equatorial) e um semieixo menor (polar), e a razão entre eles exprime o achatamento do elipsoide, segundo a ilustração da Figura 18. Conforme Oliveira (1993), desde a medição do primeiro meridiano da França, efetuou-se inúmeras medições de arcos de meridianos bastante precisos nas triangulações geodésicas, servindo de base para os cálculos elipsoidais. Nesse contexto, surge uma série de autores apresentando modelos matemáticos, conforme exposto por Libault (1975, p. 97), “houve uma verdadeira florescência de elipsoides, cada um pretendendo ser mais preciso que os outros”.

Cabe destacar que nenhum elipsoide de revolução concorda com medidas aplicadas ao mundo inteiro, ou seja, esses modelos matemáticos possuem aplicações mais precisas em escalas locais e regionais, ao menos na época apresentada. Por isso, ocorreu a difusão de muitas propostas de figuras geométricas da Terra. Cabe destacar que, “[...] a definição de um elipsoide internacional não é absurda, se tal definição tivesse uma importância na prática” (LIBAULT, 1975, p. 97), como na necessidade dos Sistemas de Navegação Global por Satélite<sup>14</sup> (GNSS) que, obrigatoriamente, adota um elipsoide global.

Figura 18 – Elipsoide de revolução e seus parâmetros definidores.



Fonte: Rizzatti (2022).

14 Global Navigation Satellite System.



Sabe-se que a Superfície Física<sup>15</sup> (SF) terrestre é bastante irregular, com continentes, mares, montanhas, depressões, dentre outras características topográficas. Essas irregularidades podem ser vistas se comparar o ponto de maior altitude do planeta, o monte Everest, com aproximadamente 8800 metros (m) de altitude, com a maior depressão, a Fossa das Marianas, no Oceano Pacífico, com cerca de 11000 m de profundidade. Nesse contexto, pela complexidade representacional da forma da Terra, foram criadas e utilizadas simplificações, como o próprio elipsoide e o geoide, cada um deles possuindo sua finalidade de uso.

Outro termo para designar a forma da Terra é o geoide, que significa a própria forma do Planeta. Segundo Menezes e Fernandes (2013),

[...] o Geoide é definido pela superfície física ao longo da qual o potencial gravitacional é constante e a direção da gravidade é perpendicular (superfície equipotencial). Assim, o geoide (modelo geoidal) é o mais aproximado da forma real (superfície física), podendo ser determinado com medidas gravimétricas, ou seja, medidas da força de atração da gravidade. (MENEZES; FERNANDES, 2013, p. 70).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o conceito introduzido pelo matemático alemão Carl Friedrich Gauss (1777-1855), a forma do planeta é o geoide, que corresponde “[...] à superfície do nível médio do mar homogêneo (ausência de correntezas, ventos, variação de densidade da água, etc.) supostamente prolongado por sob continentes. Essa superfície se deve [...] às forças de atração (gravidade) e força centrífuga (rotação da Terra)” (IBGE, 1999, p. 12). Por coincidir com o nível médio dos mares, o Geoide é utilizado como base para a altimetria, por meio do datum vertical. Já o modelo matemático da Terra, o elipsoide, tem por objetivo servir de princípios para

a determinação de elementos planimétricos, como a origem e a orientação do sistema de coordenadas utilizados nos mapas.

Segundo Garcia (2014, p. 21), “Para que fosse possível estabelecer uma relação entre um ponto determinado no terreno e o elipsoide de referência foram determinados sistemas específicos: os sistemas geodésicos de referência”. Deste modo, quando a informação que se deseja identificar é sobre a superfície terrestre, utilizam-se sistemas de referência geodésicos (SGR), que são utilizados para caracterizar a posição de objetos segundo suas coordenadas. Eles são associados à superfície geométrica, que se aproxima da forma da terra (elipsoide), na qual serão desenvolvidos todos os cálculos de suas coordenadas<sup>16</sup> (MENEZES; FERNANDES, 2013).

A partir do século XIX, muitos elipsoides foram propostos, porém, na Assembleia Geral da União de Geodésia e Geofísica (UIGG), em 1924, o Elipsoide Internacional de Hayford<sup>17</sup> foi recomendado para ser aplicado mundialmente. De acordo com Tuler e Saraiva (2016), “Até aquela época, a maioria dos sistemas geodésicos nacionais adotavam os valores das componentes do desvio da vertical e da ondulação do geoide igual a zero, o que leva o elipsoide e o geoide a se tangenciarem no datum” (TULER; SARAIVA, 2016, p. 32), conforme exposto na Figura 19.

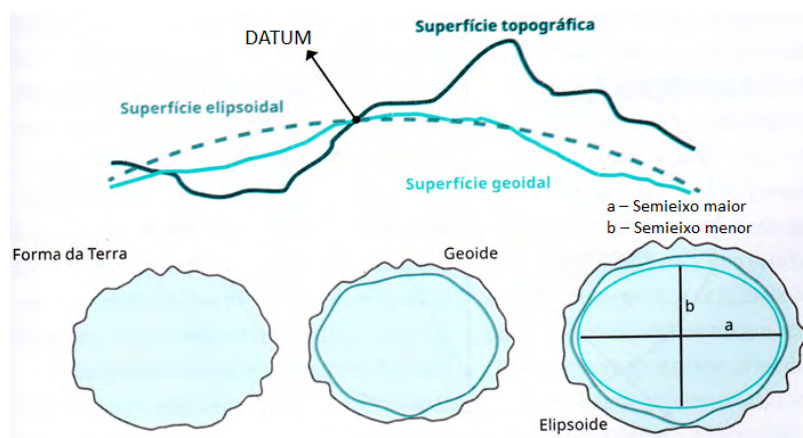
15 Segundo Carvalho e Araújo (2008, p. 3) “A superfície física terrestre é extremamente difícil de ser modelada matematicamente, pois possui uma quantidade infinita de reentrâncias e saliências, que são as irregularidades do relevo, e em função disso, com o conhecimento científico que temos atualmente, um modelo matemático que expresse essa complexidade é totalmente inconcebível”.

16 Quando a superfície é elipsoidal, o sistema de coordenadas será geodésico, isto é, latitude e longitude. Se tratando de uma superfície plana, sendo resultado de uma projeção cartográfica como a Universal Transversa de Mercator (UTM), as coordenadas serão planas.

17 A abordagem referente aos sistemas geodésicos de referência é datada a partir do século XIX. Para fins didáticos, resolveu explicá-los neste momento (Idade Moderna), aproveitando a contextualização sobre formas da Terra (geoide e elipsoide). Sendo assim, foram detalhados os sistemas geodésicos clássicos e atuais, utilizados no Brasil durante o século XX e XXI.



Figura 19 – Algumas formas da Terra: superfície física (topográfica), o geóide e elipsoide.



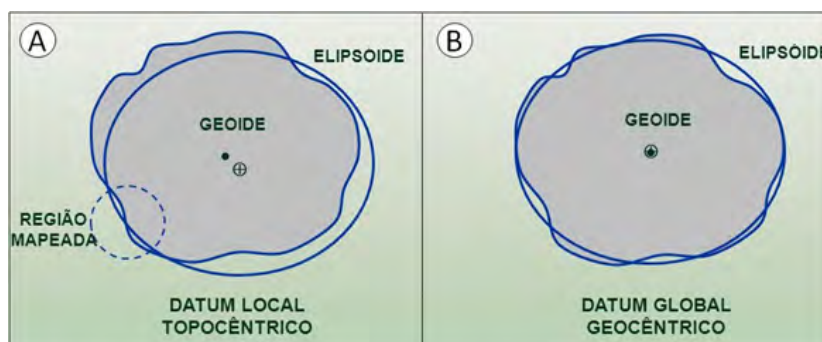
Fonte: Adaptação de Garcia (2014).

De acordo com a Figura 19, no tangenciamento do elipsoide com o geóide, tem-se o datum horizontal<sup>18</sup>, que é a origem do mapeamento. Assim, ele representa toda a base para o cálculo e o controle dos levantamentos. É definido por meio de uma latitude, uma longitude e uma direção (azimute) para qualquer outro ponto da triangulação da rede. De tal modo, os primeiros SGR possuem concepção local, ou seja, datum topocêntrico, pois o elipsoide é ajustado para atender as necessidades de uma região específica do Globo, conforme exposto na Figura 20A. Assim, o centro geométrico do elipsoide não

coincide com o centro de massa da Terra, restringindo a área mapeada para uma porção delimitada.

Em 1967, a UIGG substituiu o Hayford pelo Elipsoide Internacional de 1967. Esse modelo foi adotado pelo elipsoide Sul-Americano em 1969 (*South American Datum: SAD-69*). Grande parte dos mapeamentos brasileiros estão referenciados nesse datum (TULER, SARAIVA, 2016). Como exemplos de data<sup>19</sup> topocêntricos utilizados no Brasil, temos o Córrego Alegre (elipsoide de Hayford), Astro Datum Chuá (elipsoide de Hayford) e o SAD-69 (Elipsoide Internacional de 1967).

Figura 20 – Sistema Geodésicos de Referência de acordo com sua origem: Topocêntrico ou local (A), Geocêntrico ou Global (B).



Fonte: Adaptação de Feitosa (2016).

Em 1979, a UIGG, reconheceu que o sistema geodésico de 1967 não representava a medida, a forma e o campo da gravidade da Terra, com uma

precisão adequada. Ele foi, então, substituído pelo Sistema Geodésico de Referência de 1980 (SGR-80) (TULER; SARAIVA, 2016), ilustrado na Figura

18 Segundo Menezes e Fernandes (2013, p. 76), "[...] pode se definir que esse topo de sistema geodésico de referência define um elipsoide de revolução adequadamente adaptado à área e à sua orientação no espaço, estabelecendo a origem para as coordenadas geodésicas referenciadas a esse elipsoide. Essa origem recebe nome de *datum* horizontal".

19 Plural de datum.



20B, que constitui a base do GPS. Assim, o *World Geodetic System 1984* ou WGS-84 é um sistema geodésico mundial desenvolvido pelo Departamento de Defesa (DoD) dos EUA. Segundo Menezes e Fernandes (2013), para a construção do WGS-84:

Foram utilizados parâmetros do sistema geodésico de referência de 1980 – constituído por um elipsoide de referência global e um modelo de gravidade – como base para desenvolver o WGS84, além de dados doppler, laser satelitário e interferometria de base muito larga (VLBI). A origem das coordenadas desse sistema geodésico é geocêntrica, estimando-se um erro inferior a 2 cm. (MENEZES; FERNANDES, 2013, p. 81).

O modelo geodésico de referência forneceu as diretrizes a serem adotadas pelos países. No Brasil, especificamente, a resolução do presidente do IBGE nº 1/2005, pela necessidade de adoção de um sistema compatível com as técnicas de posicionamento global, foi necessário trocar do SAD-69 para

um sistema de origem geocêntrico, surgindo, então, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Segundo o IBGE (2005), a definição do SGR acompanha, em cada fase da história, o estado da arte dos métodos e técnicas então disponíveis. Com a difusão dos receptores de posicionamento e navegação, de acordo com IBGE (2005, p. 1), “[...] tornou-se mandatória a adoção de um novo sistema de referência, geocêntrico, compatível com a precisão dos métodos de posicionamento correspondentes e também com os sistemas adotados no restante do globo terrestre”. A diferença entre o SAD-69 e o SIRGAS 2000 está em sua concepção. O primeiro possui origem topocêntrica, ou seja, o ponto de origem e a orientação estão na superfície da Terra, enquanto o SIRGAS 2000 é geocêntrico, cuja origem das coordenadas é calculada no centro de massa da terra. A Tabela 1 apresenta os principais elipsoides utilizados no Brasil e suas constantes geométricas.

**Tabela 1 – Principais elipsoides utilizados no Brasil e suas constantes geométricas.**

Nome	Ano	Semieixo maior (a)	Semieixo menor (b)	Achatamento (f)
Hayford (Córrego Alegre)	1909	6.378.388,000 m	6.356.911,646 m	1/297,000
SGR-67 (SAD-69)	1967	6.378.160,000 m	6.356.774,719 m	1/298,25
SGR-80 (WGS-84)	1980	6.378.137,000 m	6.356.752,314 m	1/298,257223563
SGR-80 (SIRGAS 2000)	2000	6.378.137,000 m	6.356.752,314 m	1/298,257222101

Fonte: Adaptação de Tuler; Saraiva (2016).

Entre 2005 e 2015 ocorreu uma adaptação para a implantação do SIRGAS 2000 como SGR vigente no Brasil. Nesse período, permitiu-se o uso dele concomitantemente com os sistemas antigos. A partir de 25 de fevereiro de 2015, esgotou-se o prazo de adaptação dado pela resolução do IBGE nº 1/2005 para a implantação do SIRGAS 2000, tornando obrigatória a utilização para todos os usuários no Brasil que lidam com informações espaciais.

Com base no que foi exposto, ressalta-se que a Geodésia e os SGR são de extrema importância para a Cartografia, pois através da ciência geodésica se tem estudos referentes à forma e dimensões da Terra, ou seja, é necessário possuir informações acerca de posicionamento, com elipsoides, data e de gravimetria, para a Cartografia atuar com a re-

presentação do espaço. Podemos, então, perceber que a Geodésia e a Cartografia possuem uma relação intrínseca, pois os conceitos e produtos da primeira são fundamentais para realizar a representação espacial por meio de produtos cartográficos.

A partir do Renascimento é perceptível o constante aprofundamento do conhecimento científico, principalmente com uma gama de descobertas referentes às ciências astronômicas, geodésicas e matemáticas, que servem como pilares para a estruturação e a fundamentação da Cartografia na Modernidade.



# 4

## A cartografia na idade contemporânea:

do problema das longitudes  
ao Google Earth





A Idade Contemporânea ou Contemporaneidade é o atual período da história ocidental, cujo início se deu com a Revolução Francesa, de 1789. A corrente filosófica norteadora foi o Iluminismo, em que as ideias são centradas na razão. Além disso, tem-se a configuração do poder político da burguesia e a consolidação do Capitalismo como o sistema econômico, aliado à concorrência entre potências europeias por novos territórios na África e Ásia, a fim de adquirir matérias primas e novos mercados consumidores.

Ademais, aconteceram inúmeros conflitos armados, como a Guerra Franco-Prussiana (1870-1871), a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e a Guerra Fria<sup>20</sup> (1947-1991), que trouxeram um grande conhecimento espacial nos mapeamentos, além de inovações tecnológicas, como a Aerofotogrametria e imagens de satélite e radar, que contribuíram para o aperfeiçoamento de pesquisas relacionadas ao mapeamento do planeta.

Contudo, a determinação da posição (coordenada geográfica) ainda era um problema presente até o século XVIII, muito importante se tratando de conflitos bélicos, mas fundamental para a navegação e o deslocamento em alto mar. A latitude, de um modo geral, era estimada pela observação dos astros, com altura do Sol acima do horizonte e altura da Estrela Polar e o Cruzeiro do Sul, no hemisfério Norte e Sul, respectivamente, com a utilização do astrolábio, quadrante ou sextante. Entretanto, a longitude sempre foi uma incógnita, conhecida como “o problema da longitude”. A localização por meio de coordenadas geográficas é fundamental para:

[...] as inúmeras descobertas no novo mundo, os monarcas europeus reivindicaram muitas terras estrangeiras. Mas nenhum deles era capaz de localizar o que reivindicava. Ninguém conseguia dizer onde os novos lugares se situavam em relação aos antigos, e ninguém conhecia a dimensão do grande mar que separava Europa das Américas. (DASH, 2002, p. 34).

Além disso, as embarcações eram perdidas por não saber o posicionamento em alto mar. Isso levou uma série de potências navais – Espanha, Portugal e França – a oferecerem prêmios para a resolução do problema. Assim, as buscas por soluções para o problema iniciaram ainda na Idade Moderna. Segundo Dash (2002), em 1675, construiu-se o Observatório Real de *Greenwich*, na Inglaterra, com o objetivo de descobrir a longitude no mar, levando ao aperfeiçoamento da arte de navegar. No entanto, os britânicos chegaram, ainda, a oferecer um prêmio. A grande maioria das tentativas de medição da longitude datam do final do século XVII. De acordo com Seemann (2013), dentre inúmeros esforços, as seguintes tentativas merecem menção:

1. A medição da longitude através do movimento da lua e sua posição em relação às estrelas, realizada em 1514 pelo astrônomo e astrólogo alemão Johannes Werner (1468-1522). O problema principal desse método foi que as posições das estrelas não estavam muito bem conhecidas e que não havia instrumentos precisos para medir as distâncias entre a lua e as estrelas a bordo de um navio.
2. A medição da longitude com base nas quatro luas do Júpiter (os chamados “satélites de Galilei”), feita por Galileu Galilei em 1610. Os mais de 1000 eclipses anuais permitiram a previsão e o ajuste dos relógios com base nas tabelas das aparições e desaparecimentos dos satélites. Infelizmente, as medições somente podiam ser realizadas à noite e com a ajuda de um capacete desengonçado com telescópio embutido, deixando o observador em um estado bastante desconfortável.
3. A determinação da hora local a partir dos estrondos de canhões que, acionados em determinado horário em determinado lugar com a hora local conhecida, poderiam servir como pontos de referência “audíveis”. Portanto, era praticamente impossível e economicamente inviável estabelecer tais redes de canhões.
4. A tentativa mais curiosa e absurda foi a chamada “teoria do cão ferido”, que se baseava na aplicação de um pó milagroso, chamado de “pó de simpatia” ou “pó de Digby” (segundo seu inventor).

<sup>20</sup> Termo que se refere ao conflito ideológico de ordem militar, social, econômica, política e tecnológica envolvendo os Estados Unidos da América, com sistema econômico capitalista e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), que possuía o socialismo como modelo econômico. Embora não tenha ocorrido um embate direto entre as duas potências, elas promoveram inúmeros conflitos em diversas regiões do mundo.



Conforme a propaganda desse remédio, o pó de Digby poderia curar feridas a distância. Bastava aplicá-lo em uma peça de roupa qualquer da pessoa enferma. Transferindo esse “raciocínio” para o problema da longitude, a solução era a seguinte: 1) Mande um cão ferido a bordo quando o barco zarpar para o oceano. 2) Deixe uma pessoa de confiança na terra firme. Essa pessoa seria encarregada de mergulhar uma bandagem usada pelo cão na tintura do pó todos os dias quando o relógio marcar meio dia. 3) No mesmo horário, o cão no barco iria latir e dar uma noção da hora local ao capitão, porque o latido do cão ferido significaria que seria meio-dia em Londres. 4) Ao comparar a hora local com a hora de Londres seria possível deduzir a longitude. Evidentemente, como comentam ironicamente alguns críticos, os capitães precisavam acreditar que o efeito do pó de Digby pudesse ser sentido a uma distância de milhares de quilômetros e que a ferida do cão não sarasse durante uma viagem de vários meses – senão os navegantes ficariam obrigados a ferir o cão de novo para “garantir o efeito”! (SEEMANN, 2013, p. 34).

Alguns outros experimentos se baseavam na medição do tempo para estimar a longitude, como os relógios de pêndulo, porém não tinham utilidade no mar, devido ao balançar do navio, em decorrência da navegação. Uma tragédia ao mar, ocorrida em 1707, fez o governo inglês trocar de ideia, compondo a Comissão da Longitude<sup>21</sup>. Como convencional, a Terra realiza rotação em torno de seu próprio eixo. Assim, dividindo os 360 graus (180° de longitude leste acrescido de 180° de longitude oeste) por 24 horas, resulta em fusos de 15° de longitude, ou seja, a cada fuso há a variação de uma hora (quatro minutos por grau). Este princípio é utilizado até hoje para a determinação de limites teóricos dos fusos horários.

Nesse sentido, era necessária a construção de um cronômetro ou relógio preciso para a medição do tempo em alto mar. Sobre isso, Sobel (2000,

p. 26), utiliza as palavras de Newton para descrever um relógio para atingir tal fato: “Um método é o relógio marcar a hora com exatidão. Porém, devido ao movimento do Navio, à Variação de Quente e Frio, Molhado e Seco e à diferença de Gravidade em diferentes Latitudes, tal relógio ainda não foi inventado, E provavelmente, não o será”.

Entretanto, o joalheiro britânico John Harrison (1693-1776), em 1761, apresentou seu primeiro protótipo de relógio marítimo à Comissão da Longitude, que acabaram por reprová-lo, além de exigirem mais testagens. Por vários experimentos e testes, Harrison conseguiu elaborar um cronometro (H4) com a confiabilidade necessária para a navegação. O primeiro teste foi realizado a bordo do *Deptford*, com a saída do Porto de Portsmouth, Inglaterra, em 18 de novembro de 1761, com destino à Jamaica, no Caribe. A ideia seria pela determinação do horário local no ponto de partida, com a aferição da hora pelo sol a pino (sol na sua altura máxima), por uns quantos dias seguidos, para verificar a eficiência do relógio. O mesmo procedimento se repetiria na Jamaica, a fim de saber a diferença horária entre a viagem.

Nesse contexto, conforme aponta Dash (2002), quando o *Deptford* atracou na Jamaica, buscou-se, a todo modo, a realização da leitura da hora local. Todavia, com o tempo nublado e que em 25 de janeiro de 1762, quando declarada a guerra contra a Espanha, tiveram que embarcar para a Inglaterra no dia 28 de janeiro. Assim, aceitaram que a longitude da Jamaica – a que aparecia nos mapas – “[...] o erro do relógio seria de cinco segundos. Um desempenho triunfal, inacreditável mesmo” (DASH, 2002, p. 107).

O Prêmio da Longitude foi criado quando Harrison tinha 18 anos e lhe foi entregue, a segunda parte do pagamento, aos 80 anos, somente três anos antes de falecer, devido à Comissão da Longitude ficar solicitando testes e contraprovas.

21 Segundo Dash (2002, p. 197), “Em 1714, uma lei do parlamento ofereceu uma recompensa por um método que conseguisse determinar a longitude no mar com relativa precisão. Uma Comissão da Longitude, composta de 22 membros, ou comentários, foi autorizada a examinar e julgar todas as propostas apresentadas e a recomendar a concessão do prêmio, caso a invenção correspondência aos padrões da lei. A comissão era composta de oficiais da Marinha, políticos e estudiosos”. O prêmio de 20.000 libras seria dado a quem resolvesse um dos maiores problemas do século XVIII: como determinar a longitude em alto mar?



Atribuído a isso, a classe econômica de Harrison, um plebeu sem instrução, de um lugar qualquer no norte do país, acabou atrasando o reconhecimento a ele. Hoje, é reconhecido por inventar o “cronometro marítimo”, permitindo as navegações de longas distâncias, desvendando o problema de determinação da longitude.

Os conhecimentos e produtos cartográficos sempre foram aliados da Geografia por permitir um conhecimento do território, suas características, semelhanças e diferenças. A resolução do problema da longitude colaborou com a determinação absoluta da posição, informações precisas e geográficas dos diferentes territórios, ajudando a sistematização da Geografia como ciência.

Até o final do século XVIII, os conhecimentos geográficos são bastante dispersos. Sua origem remonta ao pensamento grego. Designava-se como Geografia os relatos de viagens, compêndios de curiosidades sobre lugares exóticos, conhecimentos sobre fenômenos naturais, informações sobre o continente e países do globo. Néelson Werneck Sodré chama essa fase de “pré-história da Geografia”, por se tratar de um período de dispersão do conhecimento geográfico, em que é impossível falar da

disciplina como um conhecimento sistematizado e particularizado (MORAES, 1999).

Ainda assim, o processo de sistematização da Geografia teve início na Alemanha, no século XIX. Nesse contexto, inexistia Estado Nacional, sem unidade econômica e política. A sistematização geográfica na Alemanha deu ênfase ao domínio, a organização do território e a variação regional. Pela reflexão de dois alemães, Alexandre Von Humboldt (1769-1859), naturalista e viajante e, Karl Ritter (1779-1859), historiador e filósofo, os quais formularam as bases teóricas e metodológicas que deram a Geografia o status de ciência no século XIX (BECKER, 2006).

Nesse contexto, o pensar geográfico como um conhecimento autônomo, demandava um certo número de condições históricas, que foram maturadas somente nesta época (MORAES, 1999). Segundo Moraes (1999, p. 34), “[...] estes pressupostos históricos da sistematização geográfica objetivaram-se no processo de avanço e domínio das relações capitalistas de produção. Assim, na própria constituição do modo de produção capitalista”. O autor pontua quatro pressupostos que colaboraram para o processo de sistematização da Geografia, conforme consta no Quadro 1.

**Quadro 1 – Pressupostos que colaboraram para a sistematização da Geografia como ciência.**

<b>PRESSUPOSTOS</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
a. o conhecimento efetivo da extensão real do planeta	Era fundamental que a Terra fosse conhecida para que fosse pensada de forma unitária em seu estudo. O conhecimento da dimensão e da forma real dos continentes era a base para a ideia de conjunto terrestre.
b. existência de um repositório de informações	Os dados referentes aos pontos mais diversificados da superfície, ou seja, a existência de um repositório de informações. Tal condição colaborou para a formação de uma base empírica na Geografia para a comparação com evidências.
c. aprimoramento das técnicas cartográficas	Para o surgimento de uma Geografia unitária, residia o aprimoramento das técnicas cartográficas, o instrumento por excelência do geógrafo. Era necessário haver possibilidade de representação dos fenômenos observados e da localização dos territórios.
d. mudança filosófica e científica	Uma primeira valorização do temário geográfico vai ocorrer na discussão da Filosofia. As correntes filosóficas do século XVIII vão propor explicações abrangentes do mundo; formulam sistemas que buscam a compreensão de todos os fenômenos do real. A finalidade geral de todas as escolas, neste período, será a afirmação das possibilidades da razão humana explicar a realidade. Esta postura progressista insere-se no movimento de refutação dos resquícios da ordem feudal, pois esta se apoiava numa explicação teológica do mundo. Propor a explicação racional do mundo implicava deslegitimar a visão religiosa, logo, a ordem social por ela legitimada.

Fonte: Adaptação de Moraes (1999).

Organização: Rizzatti (2022).



Em 1863, a Alemanha já organizava, de forma liberal, a educação pública e popularizava a ciência. A Geografia, com colaboração das obras de Humboldt e Ritter, tomava um lugar considerável no ensino secundário e superior (RIBEIRO, 2009). Nesse sentido, Ribeiro (2009, p. 23) coloca que:

Uma decisão governamental aponta para a criação de uma cadeira de geografia em todas as universidades do Estado. O êxito é inegável: em 1890, praticamente todas as universidades alemãs possuem um ensino especializado em Geografia, ao passo que a França tinha cinco cadeiras e a Inglaterra apenas uma. Por essas razões, Leipzig (com Peschel, Richthofen e Ratzel) e Berlim (com Richthofen e Penck) atraem inúmeros estrangeiros. (RIBEIRO, 2009, p. 23).

A unificação da Alemanha se deu por meio da Guerra Franco-Prussiana, na qual a França foi derrotada. O conflito foi travado pelo controle hegemônico na Europa, além de interesses nacionais e imperialistas (MORAES, 1999). Outros tratados entre os Estados alemães estipularam que o império ficaria sob o governo da dinastia prussiana. O rei Guilherme da Prússia se tornou o Kaiser (Imperador) da Alemanha e Bismarck, o chanceler do Império. Assim, esse é o contexto de formação do Estado alemão e o início do processo de sistematização da Geografia como ciência (BECKER, 2006).

O conhecimento geográfico alemão foi um fator decisivo para vencer a guerra, pelo conhecimento cartográfico e geográfico do território. Keltie (1885) menciona a fala de Charles Patrick Daly (1816-1899), que foi presidente da Sociedade Geográfica Americana (*American Geographical Society*), a Guerra Franco-Prussiana foi:

[...] uma guerra travada tanto por mapas quanto por armas, e atribui o resultado a movimentos militares hábeis, realizados por um exército familiarizado com todas as características geográficas do país sobre o qual a guerra se movia. [...] nos ensina que, se o destino de uma nação pode depender

de uma batalha, uma batalha pode depender de um conhecimento de Geografia<sup>22</sup>. (KELTIE, 1885, p. 473-474, tradução nossa).

Ao perder o conflito, a França passou a investir na educação geográfica, inclusive na formação de militares, para aprofundar o conhecimento geográfico e cartográfico acerca do território. Segundo Moraes (1999), foi nesse momento, pós-guerra, “[...] que a Geografia se desenvolveu. [...] com o apoio deliberado do Estado francês. Esta disciplina foi colocada em todas as séries do ensino básico, [...]. Foram criadas, [...] as cátedras e os institutos de Geografia. [...] Tal interesse advém de consequências da própria guerra” (MORAES, 1999, p. 64). Nesse sentido, Keltie (1885) coloca que “Em nenhum país o progresso da educação geográfica foi maior do que na França nos últimos catorze anos<sup>23</sup>” (KELTIE, 1885, p. 449, tradução nossa).

Nesse contexto, podemos visualizar a Alemanha como uma das detentoras do conhecimento geográfico da época, aplicando os conhecimentos geográficos como um saber estratégico do espaço, com uso e aprimoramento da Cartografia contextualizada em questões militares. Não foi por acaso que a sistematização da Geografia como ciência aconteceu na Alemanha.

Ainda sobre o conhecimento do território, as potências imperialistas da Europa adentraram o século XX com ideais belicistas, desenvolvendo técnicas capazes de imagear o espaço de forma remota. Além disso, os EUA, a partir da Guerra da Secessão (1861 – 1865), desenvolvem técnicas de conhecimento e mapeamento da superfície terrestre com fotografias aéreas.

22 [Citação original] as a war fought as much by maps as by weapons, and attributes the result to skilful military movements, performed by an army thoroughly acquainted with all the geographical features of the country over which it war moved. [...] it teaches us that if the fate of a nation may depend upon a battle, a battle may depend on a knowledge of geography (KELTIE, 1885, p. 473-474).

23 [Citação original] In no country has the progress of geographical education been greater than in France during the last fourteen years (KELTIE, 1885, p. 449).



## AEROLEVANTAMENTOS E IMAGENS DE SATÉLITE

O Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como “[...] sendo a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico entre eles” (NOVO, 2002, p. 1). O conceito amplamente aceito é da Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, como sendo “[...] a medição ou aquisição de informação de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo”. (COLWELL, 1983 *apud* JENSEN, 2009, p. 3).

Existem conceituações mais detalhadas, focada no SR, adicionando mais qualificadores a fim de assegurar funções legítimas. Assim, de acordo com Jensen (2009),

Sensoriamento remoto é o registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens. (JENSEN, 2009, p. 4).

Para adquirir e utilizar a imagem orbitais ou suborbitais é fundamental compreender o processo envolvido em sua formação. Ao considerarmos os sistemas de formação de imagens pictóricas, temos três tipos básicos: câmeras, rastreadores de linhas e radares. A imagem formada em cada sistema é resultado de um registro gráfico de intensidade de energia. Assim, os sistemas de formação de imagens gravam a intensidade de energia eletromagnética, que alcança o sensor ou câmera em uma

direção e tempo específico (WATZLAWICK; SCHÖENINGER; KIRCHNER, 2007).

Dessa forma, as imagens aéreas são obtidas remotamente a partir de câmeras acopladas em aeronaves. A imagem de satélite, por sua vez, é adquirida por sensores imageadores fixados em satélites artificiais. Eles podem ser classificados como passivos, ou seja, utilizam a radiação eletromagnética natural refletida, como a do Sol, ou emitida da superfície terrestre, ou ativos, que possuem sua própria energia, produzida por radares instalados nos satélites.

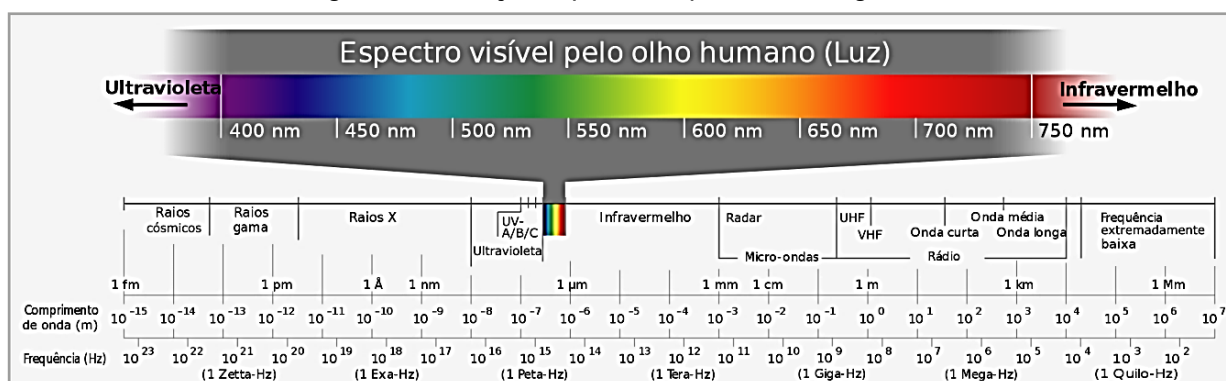
Nesse sentido, de acordo com Liu (2006):

A energia eletromagnética é o meio pelo qual a informação é transmitida de um objeto ao sensor com uma velocidade de 300.000 km/s no vácuo. A informação pode ser codificada em forma de conteúdo de frequência, intensidade ou polarização da onda da energia eletromagnética. A informação é propagada pela radiação que é a energia eletromagnética com a velocidade da luz diretamente da fonte por meio do espaço livre ou indiretamente pela refletância, espalhamento e reirradiação ao sensor nas condições de não vácuo. As informações gravadas pelos sensores de satélites registram as interações da energia eletromagnética com a superfície terrestre. (LIU, 2006, p. 5).

A atmosfera absorve quase toda a energia eletromagnética emitida pela radiação solar, cujo comprimento de onda é inferior a  $0,3 \mu\text{m}$ , que inclui os raios gama, raios X e ultravioleta. A maioria da radiação solar com comprimento de onda maior que  $0,3 \mu\text{m}$  pode penetrar a atmosfera e chegar à superfície terrestre. Assim, a maioria dos sensores são desenvolvidos para registrar os sinais de energia eletromagnética refletida ou emitida no comprimento de onda do visível, infravermelho e micro-ondas (LIU, 2006). A Figura 21 ilustra a classificação do espectro eletromagnético.



Figura 21 – Ilustração de parte do espectro eletromagnético.



Fonte: Pinto; Aranha (2018).

Os sensores que medem a energia refletida da superfície são construídos na faixa de 0,4 a 3 µm, além dos que captam a energia na faixa dos 10 a 12 µm e são considerados passivos. Na região de micro-onda, com comprimento de onda entre 0,4 mm e 0,4 m, incluem os sensores passivos que medem a energia emitida pela superfície e os sensores ativos, que emitem uma fonte artificial em uma determinada banda e medem sua intensidade de resposta (emitida e refletida) (LIU, 2006).

Segundo Novo (2002), o “Manual de Sensoriamento Remoto” divide a história do SR em dois principais períodos: de 1860 a 1960, o SR era baseado na utilização de fotografias aéreas e, até os dias atuais, pela multiplicidade de sistemas sensores. Do mesmo modo, Liu (2006), detalha o desenvolvimento da técnica de SR podendo ser dividido em dois momentos: “[...] uma antes do lançamento do primeiro satélite, pelos Russos, em 04 de outubro de 1957, em que a técnica de fotografia aérea era a única técnica e a outra, após essa data, em que os diversos sensores satélites foram desenvolvidos com o rápido avanço do programa espacial” (LIU, 2006, p. 31).

Um recurso que contribuiu para o aperfeiçoamento da Cartografia foi o surgimento das imagens aéreas, que até hoje, são uma ferramenta poderosa para retratar a Terra com maior precisão. De acordo com Marchetti e Garcia (1986, p. 13), “A palavra Fotogrametria, deriva de três palavras de origem grega, tem o seguinte significado: luz, descrição e medidas”.

Segundo Wolf e Dewitt (2000, p. 1, tradução nossa), Fotogrametria pode ser definida, conforme a Associação Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto como sendo “[...] a arte, ciência e tecnologia de obter informações confiáveis sobre objetos físicos e o meio ambiente por meio de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante registrada e outros fenômenos<sup>24</sup>”.

Assim, a Fotogrametria tem sido muito utilizada nos estudos e exploração do território. Quando alguém examina uma fotografia aérea percebe, com facilidade, a disposição dos objetos. É possível, também, determinar a altura de prédios, montanhas e árvores, dentre outros elementos. Todavia, o que merece destaque é a capacidade de visualização da superfície terrestre em três dimensões, por meio da estereoscopia, que é a característica fundamental da Fotogrametria (MARCHETTI; GARCIA, 1986). Nesse sentido, o mapeamento sistemático de diversos países, como os EUA e o Brasil, utiliza o princípio de aerofotogrametria para a elaboração de Cartas Topográficas.

A Fotointerpretação está associada a Fotogrametria pelo fato da determinação e identificação da natureza e descrição dos objetos que aparecem na fotografia, não podendo haver separação entre elas. O fotogrametrista deve se exercitar em fotointerpretação no uso quantitativo das fotografias, enquanto o fotointérprete deve conhecer alguns dos

24 [Citação original] [...] the art, science, and technology of obtaining reliable information about physical objects and the environment through processes of recording, measuring and interpreting photographic images and patterns of recorded radiant electromagnetic energy and other phenomena (WOLF; DEWITT, 2000, p. 1).



princípios da Fotogrametria no estudo qualitativo das fotografias (MARCHETTI; GARCIA, 1986).

Segundo Anderson e Ribeiro (1982, p. 4), “O desenvolvimento da fotointerpretação é recente, mas suas raízes remontam ao tempo de Aristóteles, na Grécia, mais de 300 anos antes de Cristo. Ele fez observações e desenvolveu teorias sobre assuntos fotográficos que ficaram sem aplicação por mais de 2.000 anos”. Entretanto, as fotografias tomadas a partir de plataformas aéreas são após a invenção do balão de ar quente inventado por Joseph e Etienne Montgolfier, em 1783, na França. A primeira fotografia aérea que se tem conhecimento é de 1858, pelo fotógrafo retratista parisiense Gaspard Felix Tournachon, mais conhecido por Nadar (JENSEN, 2009).

Sobre as ideias de Nadar e seu registro aéreo, Jensen (2009) coloca que:

Ele tinha a percepção de que a fotografia aérea poderia ter uma importante contribuição no futuro, e em 23 de outubro de 1858, patenteou aquilo que chamamos de levantamento aéreo – o mapeamento a partir de uma série de fotografias aéreas sobrepostas. Ainda em outubro de 1858 ele subiu num balão cativo sobre Paris para obter a primeira fotografia aérea. Nadar teve algumas dificuldades para registrar a fotografia, pois o gás que escapava da boca do balão tirava a sensibilidade da emulsão úmida da placa de vidro, mas finalmente ele teve êxito com uma fotografia sobre o Val de Bievre nos arredores de Paris. (JENSEN, 2009, p. 68-69).

A primeira utilização efetiva de fotografias aéreas como saber estratégico militar foi durante a Guerra Civil dos EUA (1861-1865), quando o exército do norte tomou fotografias das instalações de defesa do exército sulino, porém inexistia uma tecnologia para ampla utilização (ANDERSON; RIBEIRO, 1982). Câmeras aéreas conduzidas por pipas também foram utilizadas para a obtenção de fotografias. Segundo Jensen (2009, p. 71-72), “[...] fotografias aéreas de câmeras presas a pipas foram obtidas pela primeira vez pelo francês Arthur Batut. Em 1980 ele publicou

o livro ‘a fotografia aérea por pipas’ em que propunha o uso da fotografia aérea para o explorador, [...], o arqueólogo, [...] e o agrônomo, [...]”.

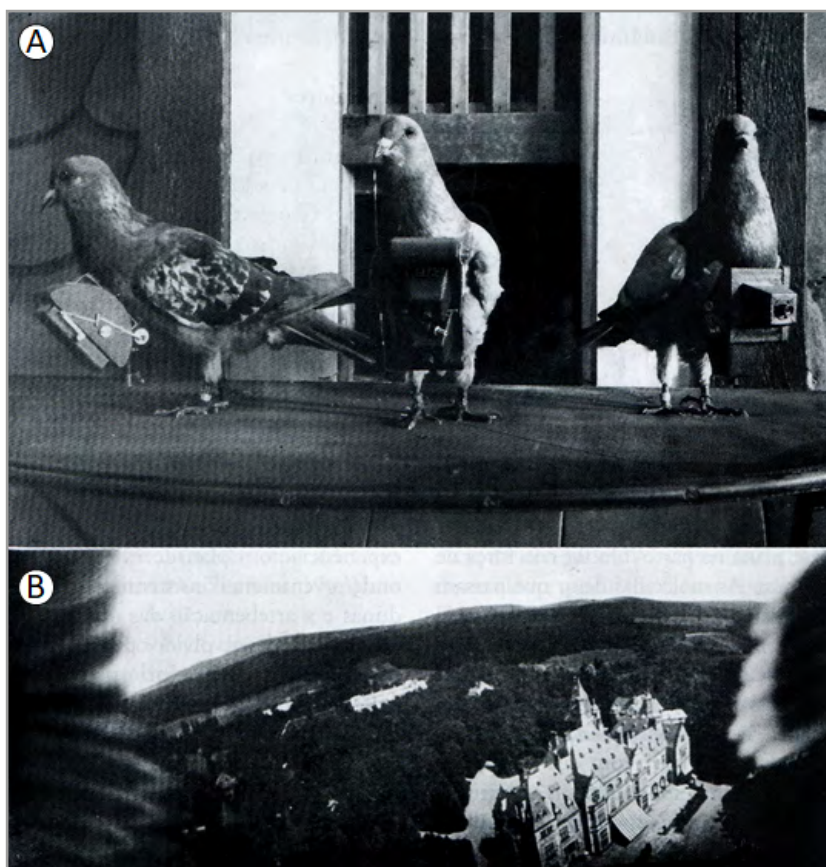
Em 1903, Julius Neubronner patenteou uma câmera atada ao peito de pombos correios, conforme a Figura 22. As fotografias eram tiradas automaticamente a cada intervalo de 30 segundos. Além disso, foram realizados experimentos com planadores no final do século XIX e início do século XX (JENSEN, 2009). A evolução dos produtos aerofotogramétricos começou a se intensificar com a invenção do avião, pelos irmãos Wright (JENSEN, 2009) ou por Santos Dumont (BARROS, 2006), no início do século XX. As câmeras acopladas nas aeronaves, principalmente no contexto entre a Primeira e Segunda Guerra Mundial colaboraram para uma produção massiva de mapas e conhecimento topográfico, sobretudo na Europa e América do Norte. Nesse sentido, Wolf e Dewitt (2000), colocam que:

A invenção do avião pelos irmãos Wright em 1902 forneceu o grande impulso para o surgimento da fotogrametria aérea moderna. Até então, quase todo o trabalho fotogramétrico era, pela falta de um meio prático de obtenção de fotos aéreas, limitado à fotografia terrestre. O avião foi usado pela primeira vez em 1913 para obter fotografias para fins de mapeamento. Fotos aéreas foram usadas extensivamente durante a Primeira Guerra Mundial, principalmente em reconhecimento. No período entre a Primeira Guerra Mundial e a Segunda Guerra Mundial, a fotogrametria aérea para mapeamento topográfico progrediu até o ponto de produção em massa de mapas. Nesse período, muitas empresas privadas e agências governamentais na América do Norte e na Europa se envolveram em trabalhos fotogramétricos. Durante a Segunda Guerra Mundial, técnicas fotogramétricas foram usadas extensivamente para atender à grande nova demanda por mapas. A interpretação de fotos aéreas também foi empregada mais amplamente do que nunca em reconhecimento e inteligência. Desse programa de mapeamento acelerado pela guerra, surgiram muitos novos desenvolvimentos em instrumentos e técnicas<sup>25</sup>. (WOLF; DEWITT, 2000, p. 3, tradução nossa).

25 [Citação original] “The invention of the airplane by the Wright brothers in 1902 provided the great impetus for the emergence of modern aerial photogrammetry. Until that time, almost all photogrammetric work was, for the lack of a practical means of obtaining aerial photos, limited to terrestrial photography. The airplane was first used in 1913 for obtaining photographs for mapping purposes. Aerial photos were used extensively during World War I, primarily in reconnaissance. In the period between World War I and World War II, aerial photogrammetry for topographic mapping progressed to the point of mass production of maps. Within this period many private firms and government agencies in North America and in Europe became engaged in photogrammetric work. During World War II, photogrammetric techniques were used extensively to meet the great new demand for maps. Air photo interpretation was also employed more widely than ever before in reconnaissance and intelligence. Out of this war-accelerated mapping program came many new developments in instruments and techniques” (WOLF; DEWITT, 2000, p. 3).



Figura 22 – Pombos como plataformas de imageamento aéreo (A) e fotografia aérea obtida por um pombo (B).



Fonte: Adaptação de Jensen (2009).

Segundo Jensen (2009), durante a Primeira Guerra Mundial, a utilização da fotografia aérea não era bem aceita. O mapa das trincheiras, confeccionado pelas imagens aéreas tiradas pelos próprios pilotos, eram rejeitados e tidos como “a mais desgraçada das coisas a ser feita” (NEWHALL, 1969 *apud* JENSEN, 2009, p. 76). Inicialmente, as fotografias eram utilizadas para a orientação das tropas, conhecimento de barreiras, estradas construídas e destruídas por bombardeios, seriam para planejar a movimentação dos exércitos e mantimentos.

A Primeira Guerra Mundial foi um conflito travado principalmente em trincheiras, conforme ilustrado pela imagem aérea da Figura 23. Os fotointérpretes treinados analisavam as fotografias estereoscópicas das trincheiras para encontrar armamentos e depósitos de munição. Durante a ofensiva de Meuse-Argonne, 56 mil fotografias aéreas foram

produzidas e enviadas, em quatro dias, para as Forças Expedicionárias americanas. Ao final da Primeira Guerra Mundial, o Tenente Edward Steichen, da Seção de Fotografias das Forças Expedicionárias americanas, declarou que, pelo menos, dois terços de toda a informação militar foi obtida ou verificada por fotografias aéreas (JENSEN, 2009).

Assim, pode-se observar a importância do imageamento aéreo no conhecimento de porções do território, além de monitorar tropas, suplementos, munições, construções e áreas bombardeadas, além do acampamento dos adversários. Essa técnica foi fundamental para a Segunda Guerra Mundial, conforme as palavras do Chefe do Estado Maior do Exército Alemão, o General Werner von Fritsch, em 1938, o qual afirmou que “A nação com a melhor tecnologia de foto-reconhecimento vencerá a próxima guerra<sup>26</sup>” (ARONOFF, 2005, p. 15, tradução

26 [Citação original] A nation with the best photo-recognition technology will win in the next war (ARONOFF, 2005, p. 15).





nossa). Segundo Liu (2006), o uso crescente de fotografias aéreas incentivou o aprimoramento do SR. Durante a Segunda Guerra Mundial, “[...] as técnicas de fotografia aérea do infravermelho termal e

radar de microonda ativa foram desenvolvida” (LIU, 2006, p. 31), o que colaborou para identificar tropas e veículos camuflados em campo de batalha.

**Figura 23 – Imagem aérea feita de um avião britânico mostra trincheiras cavadas na Frente Ocidental, em junho de 1917.**



Fonte: G1 – Portal de notícias da Globo (2014).

Segundo Wolf e Dewitt (2000), os avanços na instrumentação e técnicas na fotogrametria:

[...] continuaram em ritmo acelerado nos últimos 50 anos. Os muitos avanços [...] eles permitiram que a fotogrametria se tornasse o método mais preciso e eficiente disponível para compilar mapas e gerar informações topográficas. As melhorias afetaram

todos os aspectos da ciência e incorporam muitos novos desenvolvimentos, como os de óptica, eletrônica, computadores e tecnologia de satélite<sup>27</sup>. (WOLF; DEWITT, 2000, p. 3, tradução nossa).

Em 1947, teve início a Guerra Fria que foi um conflito ideológico entre duas potências mundiais – os EUA e a URSS – perdurando até 1991, com

27 [Citação original] [...] have continued at a rapid pace during the past 50 years. The many advancements [...] they have enabled photogrammetry to become the most accurate and efficient method available for compiling maps and generating topographic information. The improvements have affected all aspects of the science, and they incorporate many new developments such as those in optics, electronics, computers and satellite technology (WOLF; DEWITT, 2000, p. 3).



a extinção da União Soviética. Nesse contexto, o mundo vivia uma disputa de ordem militar, social, econômica, política e tecnológica, envolvendo os dois países, cuja finalidade era demonstrar à população qual sistema econômico seria o mais adequado para ser implantado. Em algumas situações, por mais delicadas que pudessem ser, como os mísseis em Cuba apontados para território estadunidense, a guerra nunca veio as vias de fato, diretamente, entre os dois países envolvidos.

Assim, ocorreram inúmeros avanços tecnológicos para demonstrar a supremacia dos países envolvidos. Entre 1957 e 1975, ocorreu a corrida espacial, por uma questão de soberania nacional e superioridade tecnológica, EUA e URSS disputaram o pioneirismo na exploração espacial. O termo corrida espacial se refere ao pioneirismo buscado por ambos os países no lançamento de satélites artificiais, voos espaciais suborbitários e orbitais e viagens tripuladas à Lua.

O primeiro satélite lançado foi o *Sputnik*, em 4 de outubro de 1957, pela União Soviética, de uma base no Cazaquistão, durante a Guerra Fria. Outros quatro satélites da missão *Sputnik* foram lançados – *Sputnik 2*, *3*, *4* e *5* – entre 1957 e 1960. Seis meses após o lançamento do *Sputnik 1*, os soviéticos foram responsáveis por colocar o primeiro ser vivo no espaço sideral, a cadela Laika, a bordo do *Sputnik 2* (TÔSLO *et al.*, 2014).

Os EUA lançaram o segundo satélite, chamado de *Explorer 1*, no dia 31 de janeiro de 1958. Como consequência dessa corrida espacial, os Estados Unidos criaram uma agência espacial civil, a Agência Espacial Americana (NASA), responsável pela condução do programa espacial do país. A primeira fotografia obtida por satélite deu-se pelo *Explorer 6*, da NASA, em 7 de agosto de 1959, porém, os sensores radiômetros falharam ao registrar os valores digitais (LIU, 2006; TÔSLO *et al.*, 2014).

O primeiro satélite destinado exclusivamente para fins meteorológicos foi o *Television and Infra-red Observational Satellite* (TIROS 1), lançado em 1 de abril de 1960, foi o vigésimo segundo lançado

pelos EUA. A primeira imagem que mostra o globo terrestre e os sistemas de circulação atmosférica foi produzida pelo TIROS 1. Sua vida útil durou somente 79 dias, porém, gerou 23 mil imagens (LIU, 2006).

Os satélites de monitoramento de recursos ambientais, tais como o da série *Land Satellite* (LANDSAT) e o *Satellite Pour l'Observation de la Terre* (SPOT) são destinados a monitorar recursos naturais do planeta. Desde 1972 foram lançados 8 satélites, mas o LANDSAT 6 não foi lançado com sucesso. O SPOT 1 foi lançado em 22 de fevereiro de 1986 e depois dele foram lançados o SPOT 2, 3, 4, 5 e 6. Segundo Liu (2006):

Posteriormente, foram lançados vários satélites ambientais de alta resolução espacial com sensores pancromáticos (PAN) que variam de 0,61 a 6,6 m, tais como: Indian Remote Sensing Satellite 1A (IRS 1A) com resolução de 5,8 m lançado em 1988, IRS 1B lançado em 1991 e IRS 1C lançado em 1995, IKONOS II PAN com resolução espacial de 1 m, lançado no dia 24 de setembro de 1999, Korea Multi-Purpose Satellite 1 (KOMPSAT I) PAN com resolução de 6,6 m no dia 21 de dezembro de 1999, Earth Resources Observation Satellite A1 (ERPS A1) PAN de 1,8 m no dia 5 de dezembro de 2000, QuickBird I PAN com resolução de 1 metro lançado em novembro de 2000 e QuickBird II PAN de 0,61 m em dezembro de 2001. (LIU, 2006, p. 33).

O Brasil possui seu satélite com tecnologia própria em um programa de cooperação tecnológica com a China, o programa *China-Brazil Earth-Resources Satellite* (CBERS). Essa cooperação Sino-Brasileira se deve ao alto custo da tecnologia, os quais tornam os países dependentes das imagens fornecidas por outras nações. Em busca de reverter esse cenário, de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),

[...] os governos do Brasil e da China assinaram, em 06 de Julho de 1988, um acordo de parceria envolvendo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a CAST (Academia Chinesa de Tecnologia Espacial) para o desenvolvimento de um programa de construção de dois satélites avançados de sensoriamento remoto, [...]. Com a união de recursos financeiros



e tecnológicos entre o Brasil e a China, num investimento superior a US\$ 300 milhões, foi criado um sistema de responsabilidades divididas (30% brasileiro e 70% chinês), tendo como intuito a implantação de um sistema completo de sensoriamento remoto de nível internacional. A união entre os dois países é um esforço bilateral para derrubar as barreiras que impedem o desenvolvimento e a transferência de tecnologias sensíveis impostas pelos países desenvolvidos. A parceria conjunta rompeu os padrões que restringiam os acordos internacionais à transferência de tecnologia e o intercâmbio entre pesquisadores de nacionalidades diferentes. (INPE, 2018, s/p.).

Atualmente, as imagens de satélite são disponibilizadas em plataformas *online* como *EarthExplorer* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>, acesso em: 12 fev. 2020), do Serviço Geológico dos EUA, o *Alaska Satellite Facility* (ASF) (<https://search.asf.alaska.edu/#/>, acesso em: 12 fev. 2020) da NASA; *Copernicus Open Access Hub* (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, acesso em: 12 fev. 2020), da União Europeia e o Catálogo de Imagens do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, acesso em: 12 fev. 2020). Além disso, é possível adquirir imagens junto às empresas geradoras, de acordo com sua aplicabilidade e características. As imagens adquiridas pelo LANDSAT, SENTINEL, AQUA, TERRA e CBERS são disponibilizadas gratuitamente e podem ser baixadas pelas plataformas mencionadas.

Isto posto, ressalta-se que a importância de imagens aéreas, obtidas por aerolevantamentos ou por sensores orbitais são relevantes para monitoramento de desmatamento, queimadas, evoluções, obras, fins de mapeamento, dentre outras aplicações. Além disso, pode ser um excelente recurso para as aulas de Geografia, onde é possível observar a evolução de manchas urbanas, áreas agricultáveis e modificação da paisagem pela ação antrópica.

## OS SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES

Como foi exposto até aqui, o homem sempre esteve interessado em saber o local que estava, inicialmente restrito à vizinhança imediata de seu lar, ampliando, posteriormente, para os locais comerciais, até o mundo inteiro, com as grandes navegações. Para a conquista de novas fronteiras era necessário que o deslocamento das embarcações fosse seguro, exigindo domínio sobre a arte de navegar, ou seja, saber ir de um local a outro e determinar a posição geográfica, em terra e no mar. O Sol, planetas e estrelas foram ótimas fontes de orientação, porém, a habilidade do navegador e as condições climáticas poderiam significar a diferença entre sucesso ou fracasso de uma expedição (MONICO, 2008). Sobre os instrumentos de localização ou orientação, Monico (2008) coloca que o surgimento da bússola:

[...] proporcionou uma verdadeira revolução na navegação. Mas ainda perdurava um problema: como determinar a posição de uma embarcação em alto-mar? O astrolábio, a despeito de seu peso e tamanho, possibilitava apenas a obtenção da latitude, sujeita a grande margem de erro. E só podia ser utilizado à noite desde que houvesse boa visibilidade. Melhorias ocorreram no transcorrer dos anos, com a introdução de novos instrumentos, como o quadrante de Davis e o sextante. A determinação da longitude foi considerada o maior problema científico do século XVIII [...]. De qualquer forma, mesmo com os melhores instrumentos, a navegação celeste só proporcionava valores aproximados da posição, os quais nem sempre eram apropriados para encontrar um porto durante a noite. Com o avanço da eletrônica, alguns sistemas foram desenvolvidos, mas mesmo assim eles sempre apresentavam algum tipo de problema. Qualquer navegador provavelmente já deve ter ouvido sobre o Lohan (*Long-range Navigation System*), o Decca (*Low frequency continuous wave phase comparison navigation*) e o Omega (*Global low frequency navigation system*). Eles são baseados em ondas de rádio. Os dois primeiros funcionam muito bem na faixa costeira, onde há uma rede de estações para dar apoio ao posicionamento. No en-



tanto, o inconveniente desse sistema sem possibilidade de posicionamento global, além da limitação em termos de acurácia [...]. Outro sistema desenvolvido, agora baseado em satélites artificiais, foi NNSS (*Navy Navigation Satellite System*), também conhecido como Transit, cujas medidas eram baseadas no efeito Doppler. Neste sistema, as órbitas dos satélites eram muito baixas e não havia uma quantidade muito grande de satélites. Em consequência, não se tinha como obter posições com muita frequência. Mas, mesmo assim, esse sistema foi muito utilizado em posicionamento geodésico. Faltava, no entanto, uma solução que oferecesse boa precisão, facilidade de uso e custos acessíveis para os usuários. (MONICO, 2008, p. 29-30).

Com a necessidade de um posicionamento de navegação global para determinar em tempo real a posição exata do usuário, atrelado à disputa pela supremacia no contexto da Guerra Fria. Assim, em 1973, o DoD dos EUA deu início ao projeto NAVSTAR-GPS (*Global Position System*), visando ser o principal sistema de navegação das Forças Armadas estadunidense (ROCHA, 2004), que depois acabou se disseminando pelo mundo com a utilização para os mais diversos fins. Resultou da fusão de dois programas financiados pelo governo norte-americano para o desenvolvimento de um sistema global: *Timation* e *System 621B*, sob responsabilidade da Marinha e da Força Aérea, respectivamente (MONICO, 2008).

Por outro lado, a antiga União Soviética desenvolveu o GLONASS, tendo o primeiro satélite lançado em 1982. De acordo com Jerez e Alves (2018, p. 157), “Assim como o GPS, o GLONASS foi desenvolvido com o objetivo de determinar coordenadas tridimensionais, medidas de velocidade e de tempo, independente das condições climáticas em qualquer lugar do planeta ou próximo a ele”.

Nos dias atuais, além do GPS e do GLONASS, há vários outros sistemas de posicionamentos por satélites, alguns operacionais e outros em fase de teste ou desenvolvimento, sendo eles: Galileu (europeu), o Compass (chinês), o QZSS (japonês) e o

IRNSS (indiano) (RAFFO, 2011). De forma geral, esses sistemas têm sido chamados de GNSS, termo concebido em 1991, durante a 10ª Conferência de Navegação Aérea, quando a Associação Internacional de Aviação Civil reconheceu como fonte primária para a navegação aérea do século XXI como sendo o GNSS (MONICO, 2008).

A sociedade civil começou a utilizar o sistema GPS durante a década de 1980, para fins de posicionamento geodésico, navegação, aviação e, posteriormente, servindo de apoio para pesquisas e aplicações cada vez mais diversificadas (RAFFO, 2011). A concepção desse sistema permite ao seu usuário, em qualquer lugar da superfície terrestre ou próximo a ela, tenha a sua disposição pelo menos quatro satélites para o posicionamento em tempo real. Para determinar o posicionamento, isto é, latitude, longitude e altitude, que está associado a um elipsoide de revolução (WGS-84), é necessário possuir a distância entre o usuário (que está com o receptor<sup>28</sup> GNSS) e os satélites. Para isso, do ponto de vista geométrico, é possível obter informações do posicionamento na Terra utilizando somente três satélites, ou seja, possuir a distância do usuário a cada um dos satélites, desde que eles não pertençam ao mesmo plano. Entretanto, o quarto satélite é fundamental para a correção da não-sincronia entre os relógios presentes nos satélites e no receptor do usuário.

Nesse sentido, segundo Monico (2008):

Essas distâncias são denominadas pseudodistâncias, em razão do não-sincronismo entre o relógio do usuário e dos satélites, no qual comparece como uma incógnita adicional do problema a ser resolvido. Logo, a cada equação de distância (pseudodistância) apresenta-se com quatro incógnitas (três posições e o erro do relógio receptor), requerendo que, no mínimo, quatro satélites estejam disponíveis para a realização de medidas simultâneas pelos receptores. Na realidade, na concepção do sistema assumiu-se que quatro ou mais satélites, com posições conhecidas, que estiverem sempre disponíveis em qualquer lugar da Terra e a qualquer instante, permitindo a determinação do tempo real

28 São equipamentos que convertem as ondas de rádio vindas dos satélites a fim de determinar a posição geográfica (latitude, longitude e altitude) do usuário.



da posição do usuário, com a correção do erro do relógio envolvido no processo de medida. (MONICO, 2008, p. 39).

Para o correto funcionamento do sistema GPS, ele está organizado em três segmentos: o espacial, o de controle e o do usuário, conforme ilustrado na Figura 24. O segmento espacial é composto por uma constelação de 24 satélites MEO (*Medium Earth Orbits* – Satélites em Órbita Média) operacionais, distribuídos em seis planos orbitais, igualmente espaçados (Figura 25), com quatro sa-

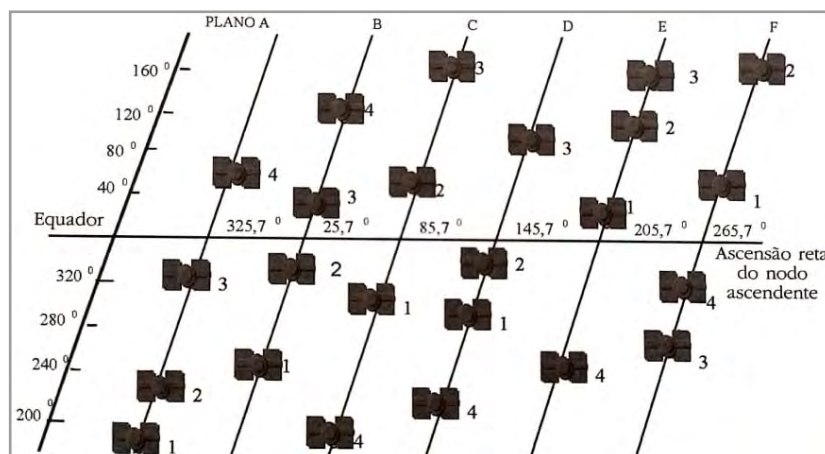
télites em cada plano, orbitando o planeta Terra em uma altitude de 20.200 km. Os planos orbitais são inclinados  $55^\circ$  em relação ao Equador e o período orbital é de cerca de 12 horas siderais (MONICO, 2008). Além dos 24 satélites que configuram o mínimo para o funcionamento do GPS, existem, também, quatro satélites reservas caso ocorra algum problema ou manutenção de determinado satélite ativo. Essa configuração em órbitas faz com que exista um recobrimento de, ao menos, quatro satélites em qualquer ponto do planeta.

Figura 24 – Segmento Espacial, de controle e do usuário que compõem a constelação GPS.



Fonte: Senar (s/d).

Figura 25 – Distribuição dos satélites nos seis planos orbitais.



Fonte: Monico (2008).



Já o segmento de controle é composto por estações de monitoramento, estações de controle e antenas terrestres. A estação de controle geral do segmento está situada nas proximidades de Colorado Springs, na “*Falcon Air Force Base*, no Colorado, nos EUA e as outras quatro estações de controle localizadas em ilhas relativamente próximas à linha do Equador: *Ascension Island*, *Diego Garcia*, *Hawaii* e *Kwajalein*” (FRIEDMANN, 2009, p. 204). Segundo Monico (2008, p. 51), as principais tarefas do segmento de controle são: “[...] monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites; determinar o sistema de tempo GPS; prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos relógios dos satélites; e atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite”.

O último segmento do sistema GPS diz respeito aos seus usuários. Assim, consiste no conjunto dos receptores que recebem e processam os sinais recebidos pelo segmento espacial, cuja finalidade é calcular as posições. Ressalta-se que o segmento do usuário é passivo, no sentido de não enviar informações aos demais segmentos, mas só recebe e processa a informação emitida pelos satélites (FRIEDMANN, 2009).

Embora seja aplicado para os mais diversos fins, o GPS foi desenvolvido para atividades militares e, posteriormente, disponibilizado para a população em geral, a qual faz uso de sua tecnologia para o transporte de mercadorias, construção civil, agricultura, atividades esportivas, topografia, geodésia, mapeamento, entre outras, podendo ser dividida em aplicações civis e militares.

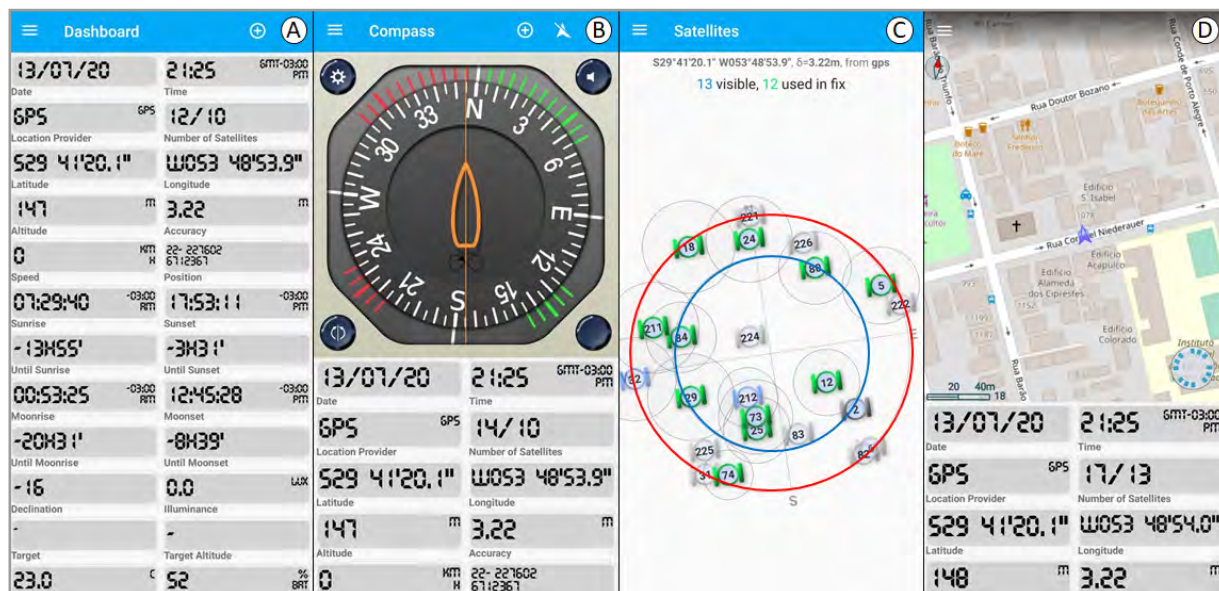
No mercado existem inúmeros receptores GNSS com diversos níveis de precisão. Os mais acessíveis, que apresentam menor precisão são conhecidos como receptores de navegação, cuja precisão é superior a 3 m<sup>29</sup>. Nessa tipificação dos receptores se encontram a maioria dos produtos que temos acesso, como por exemplo o *Legend*, *Garmin Etrex*, o *GPSMAP 64*, além dos App. para os *smartphones* por meio da tecnologia A-GPS<sup>30</sup>. As informações básicas que os receptores de navegação fornecem são as seguintes: posicionamento (latitude, longitude e altitude), precisão, velocidade do deslocamento (mínima, média, máxima e atual), horário de nascer e pôr do Sol/Lua, declinação magnética, tempo de viagem, tempo estimado para chegar a algum destino, cálculo aproximado de área, número e intensidade de satélites conectados, bússola, entre outros recursos. A Figura 26 apresenta alguns recursos do aplicativo “*GPS Essentials*”.

29 Em 01 de maio de 2000 foi desativado do sistema GPS o fator S/A (*Selective Availability* – Disponibilidade Seletiva), que degradava intencionalmente os sinais públicos do GPS por razões de segurança. A partir dessa data, a precisão dos levantamentos civis foi melhorada consideravelmente.

30 O GPS assistido (A-GPS) é um sistema que pode utilizar a rede de telefonia móvel ou redes *Wi-Fi* para calcular as coordenadas da posição atual, quando os sinais de rádio advindos do segmento espacial estiverem fracos.



Figura 26 – Recursos do “GPS Essentials”: painel de ferramentas (A), bússola (B), quantidade de satélites visíveis e utilizados<sup>31</sup> (C) e visualização em um mapa base (D).



Fonte: Adaptação de GPS Essentials (2020).

A partir do exposto até aqui, pode-se afirmar que os dispositivos de comunicação móvel colaboraram para a difusão da tecnologia do GPS. Além das aplicações já mencionadas, a utilização educacional é de grande valia, pois auxilia os estudantes a compreenderem o comportamento das coordenadas geográficas, que são uma temática bastante abstrata, além de auxiliar na compreensão do funcionamento do sistema.

Sobre a história do computador, Machado (2019) aborda que:

[...] tecnologia que possibilitou grandes avanços para a humanidade. Ela tem seu início com a ideia remota do ábaco, em 2000 a.C., usado como instrumento de realização de cálculos. Posteriormente, Leonardo da Vinci, em 1500, inventou a primeira máquina que permitia a realização de operações matemáticas, além de outras invenções no campo das tecnologias, ciência e arte. (MACHADO, 2019, p. 16).

## A CARTOGRAFIA DIGITAL

No século XX, marcado por inúmeros conflitos entre países, não se pode negar os avanços significativos para a ciência, de um modo geral. A evolução da Cartografia, com a utilização de imagens aéreas e orbitais promoveram uma maior agilidade no mapeamento, vinculado ao desenvolvimento e a utilização de receptores GNSS, ampliando a precisão dos produtos cartográficos. No entanto, o desenvolvimento da informática foi fundamental para o tratamento de imagens e levantamentos por GNSS.

Contudo, o modelo teórico de computador que conhecemos hoje, tem sua origem nas pesquisas de Turing, utilizando algoritmos, nas quais simulavam um sistema operacional. Turing iniciou os estudos com a ideia de poder exprimir a escrita e a leitura dos símbolos binários, emitidos por uma máquina equipada com uma fita, estipulado para expressar as operações matemáticas realizadas. Somente em 1946, com Von Neumann, desenvolveu-se a arquitetura base dos computadores, ou seja, os *softwares*, dados e armazenamento (CURY; CAPOBIANCO, 2011).

31 O círculo externo (representado pela cor vermelha), representa os satélites que estão próximos ao horizonte, enquanto o círculo interno (azul), demonstra os satélites que estão 45° em relação ao horizonte.



Em meados dos anos de 1970, desenvolveu-se um período histórico caracterizado pelo maior aperfeiçoamento da tecnologia que já havia sido desenvolvida ao longo dos tempos. No cenário em destaque, desponta a empresa *Apple*, fundada em 1976, pelo famoso Steve Jobs, e a *Microsoft*, no mesmo ano, fundada por Bill Gates e Paul Allen (CURY; CAPOBIANCO, 2011). Essas empresas se dedicaram à produção e venda de computadores e *softwares*. Nesse contexto, tem-se o início do mercado tecnológico, impulsionado pela fabricação de sistemas operacionais, componentes eletrônicos, periféricos, programas para computadores, e-mail, jogos e navegadores para internet. De acordo com Machado (2019, p. 20), “A década de 1980 é marcada pelo computador como a principal revolução tecnológica, propiciando o desenvolvimento das telecomunicações por meio da conexão via internet”.

Nesse contexto, segundo Menezes e Fernandes (2013, p. 194), “Uma das áreas que apresentou um profundo impacto com o desenvolvimento dos computadores, foi, sem dúvida, a Cartografia”. Esse

fato é nitidamente comprovado nas três últimas décadas pela criação e o aperfeiçoamento dos equipamentos que viriam a permitir uma representação gráfica de informações (MENEZES; FERNANDES, 2013).

Assim, com o surgimento dos sistemas de Desenhos Assistidos por Computador (CAD) ou Projetos Assistidos por Computador (CADD), que utilizavam programas para a confecção de desenhos em meios digitais, alavancou o desenvolvimento da Cartografia. Deste modo, alguns termos começaram a surgir na década de 1980, designando esforços para o tratamento computacional das informações, como Cartografia Automatizada<sup>32</sup>, Cartografia Apoiada por Computador, Cartografia Assistida por Computador (CAC) ou Mapeamento Assistido por Computador (CAM), além do Mapeamento Automatizado e Gerenciamento Facilitado (AM/FM), que se baseiam na utilização da computação (*hardware* e *software*) para a geração de mapas (FITZ, 2008a; MENEZES, FERNANDES, 2013). O Quadro 2 apresenta a diferenciação destes sistemas aplicados à Cartografia.

**Quadro 2 – Diferenciação entre os sistemas de desenho e de mapeamento.**

NOME DO SISTEMA	SIGLA	DESCRIÇÃO
<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Auxiliado por Computador)	CAD	Podem ser descritos como sistemas que armazenam dados espaciais, como entidades gráficas. São utilizados, principalmente, em projetos de arquitetura e engenharia, dada a sua excepcional precisão. Em razão de sua funcionalidade, são bastante utilizados para digitalizar cartas topográficas.
<i>Computer Aided Mapping</i> (Mapeamento Auxiliado por Computador)	CAM	São utilizados para a produção de mapas, utilizando <i>layers</i> ou camadas de entidades gráficas já referenciados. Podem ser considerados como uma sofisticação dos CAD, no que diz respeito ao uso em cartografia, mas ainda sem as possibilidades de um SIG.
<i>Automated Mapping/ Facility Management</i> (Mapeamento Automatizado/ Gerenciamento Facilitado)	AM/FM	São baseados no sistema CAD, mas menos precisos e/ou detalhados que os CAM. Apresentam ênfase no armazenamento e na análise de dados para a produção de relatórios.

Fonte: Adaptação de Fitz (2008b).

De acordo com Teixeira e Gerardi (1986), a expressão Cartografia Assistida por Computador (CAM) aparece como a nomenclatura mais correta para a utilização do computador na Cartografia, já que sugere um uso criativo da máquina pelo técnico, permitindo a criação de rotinas para auxiliá-lo em tarefas

repetitivas que demandam tempo. Dentre os principais aspectos que justificam a aplicação dos computadores são, segundo Teixeira e Gerardi (1986):

Eliminar o tédio do trabalho manual repetitivo; acelerar a produção; melhorar a produtividade e aumentar a qualidade do produto;

<sup>32</sup> Considera-se a Cartografia Automatizada um equívoco conceitual já que, a partir do momento que uma ação humana passa a ser parte decisiva de um sistema, não se pode falar deste sistema como automático (TEIXEIRA; GERARDI, 1986).





permitir o aparecimento de novos produtos; facilitar o processo de controle da produção e permitir a análise automática de dados. (TEIXEIRA; GERARDI, 1986, p. 84).

Posto isso, qualquer pessoa com *software* de Cartografia, bem como um *hardware* para processamento gráfico, é capaz de gerar mapas com uma boa aparência. O que se vê até hoje é a popularização da ciência cartográfica, em que mais e mais pessoas passam a trabalhar com Cartografia, apoiada nos sistemas computacionais, porém, sem o embasamento cartográfico necessário, infelizmente. Essa popularização é importante, pois muito foi desmistificado, permitindo uma divulgação de mapas e outros documentos cartográficos, disseminando a informação geográfica (MENEZES; FERNANDES, 2013).

O surgimento destes *softwares* voltados à Cartografia, atrelados à produção de equipamentos para serem utilizados no ambiente cartográfico (mesas digitalizadoras, *plotters* coloridos e *scanners* de grande formato), juntamente com a renovação do conhecimento para adequar a tecnologia computacional aos conteúdos da ciência cartográfica, como a restituição analítica, procedimentos de digitalização, scannerização, tratamento digital de imagens, entre outros (MATIAS, 1996), deram origem a Cartografia Digital<sup>33</sup>.

Nos dias atuais, o que mais se utiliza para tratar informações espaciais é o conhecimento como Sistema de Informação Geográfica (SIG), no inglês, *Geographical Information System* (GIS). Leão Neto (1998) conclui que:

[...] a origem destes sistemas encontra-se no desenvolvimento em paralelo, a

partir da década de 60, de um conjunto de aplicações computadorizadas para registro e análise do espaço, provenientes de várias áreas do saber. No entanto, pela intensa actividade que nos últimos anos tem caracterizado a evolução histórica, tecnológica e organizacional destes sistemas, é claramente perceptível que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são um fenômeno recente. (LEÃO NETO, 1998, p. 6-7).

Em um estudo sobre o conceito de SIG, Maguire (1991) apresenta onze autores para defini-lo, porém de acordo com o autor, o elevado número de conceitos e objetivos do SIG se deve a heterogeneidade dos indivíduos e as organizações que utilizam suas aplicações. Conforme Leão Neto (1998), tentar encontrar uma conceituação de SIG é uma tarefa difícil, pois não é somente “[...] um conceito utilizado por um vasto e heterogêneo campo de áreas disciplinares (planejamento regional e urbano, ambiente, agricultura, computação, geografia, etc.), como também pela razão de existirem várias e diferentes formas para definir e classificar objectos [...]” (LEÃO NETO, 1998, p. 7).

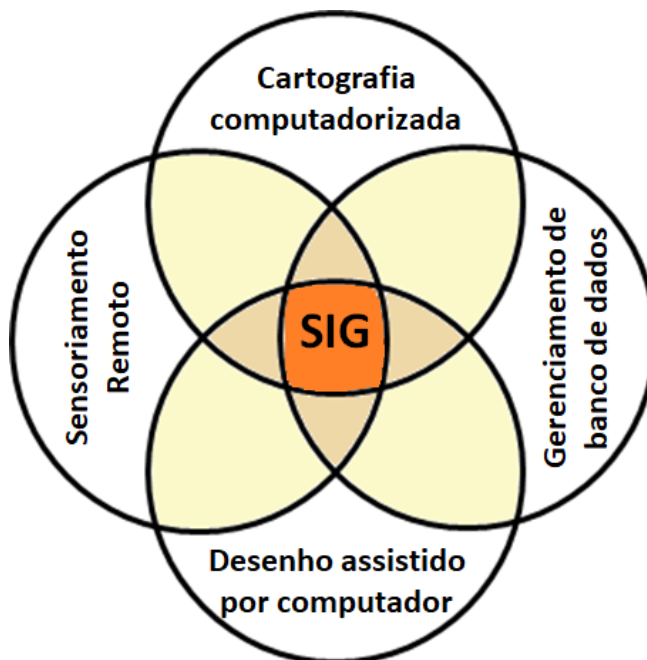
De acordo com Maguire (1991, p. 12, tradução nossa), “A relação entre o SIG e o desenho assistido por computador, cartografia computacional, gerenciamento de banco de dados e sistemas de informação de sensoriamento remoto são importantes para estabelecer uma definição de SIG<sup>34</sup>”. Pretendendo-se chegar a uma definição geral de SIG, é importante estabelecer a relação entre ele e os outros sistemas computacionais, como o CAD, a gestão de base de dados e a detecção remota. Assim, é afirmado, muitas vezes, que os SIG são um superconjunto de todos esses sistemas (LEÃO NETO, 1998), conforme exposto na Figura 27.

33 Segundo Menezes e Fernandes (2013, p. 194), “Pode-se, então, definir Cartografia digital, como a Cartografia tratada e assistida por processos computacionais, através de *hardware* e *software* apropriados ou adaptados”.

34 [Citação original] “The relationship between GIS and computer-aided design, computer cartography, database management and remote sensing information systems is important in establishing a definition of GIS” (MAGUIRE, 1991, p. 12).



Figura 27 – Relações entre SIG e outros sistemas.



Fonte: Adaptação de Maguire (1991).

Se tratando os sistemas que vão compor o SIG, o CAD tem por objetivo desenhar objetos em um ambiente gráfico que utiliza simbologia ou cores no processo de criação do desenho. Todavia, não possui grande conexão com base de dados (LEÃO NETO, 1998). Já o Banco de Dados Geográfico (BDG) é um conjunto de dados geográficos inter-relacionados e possui procedimentos que permitem acesso a eles. O objetivo central desses bancos são viabilizar o armazenamento e a recuperação eficiente dos dados. Entretanto, os BDG possuem capacidade limitada para trabalhar com dados gráficos e realizar operações analíticas, o que é uma qualidade dos SIG (MENEZES; FERNANDES, 2013).

Assim, o SIG se destaca em relações aos sistemas mencionados, visto que reúne as capacidades que suprem as deficiências das outras, como a limitação geométrica dos BDG e a sua interligação com produtos do SR (MENEZES; FERNANDES, 2013). Nesse contexto, de acordo com Leão Neto (1998):

[...] os SIG têm um conjunto de características que não encontramos nos outros sistemas (as suas capacidades para manipular uma grande quantidade de informação espacial variada e associá-la a informação

de carácter não espacial, pelo recurso a métodos de análise específicos). Ou seja, estes sistemas conservam a descrição das relações topológicas entre os elementos espaciais, o que lhes permite realizar funções de análise espacial do tipo: proximidade, contiguidade, inclusão, etc. Assim, a principal característica dos SIG parece ser a sua ênfase em operações analíticas sobre dados com carácter espacial. (LEÃO NETO, 1998, p. 11-12).

Sobre a conceituação de SIG, Longley *et al.* (2013, p. 13) destacam que “[...] são sistemas computacionais feitos para armazenar e processar informação geográfica. Eles são ferramentas que melhoram a eficiência e efetividade do tratamento da informação de aspectos e eventos geográficos”. Já Fitz (2008a) coloca que são sistemas computacionais que possuem ferramentas para a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise digital de dados georreferenciados, visando à produção de informação espacial. O Quadro 3 apresenta algumas definições de SIG existentes na literatura. Com base nos conceitos apresentados, é possível observar que são bastante amplos e gerais, contemplando duas características fundamentais: a manipulação e a análise de informações geográficas.



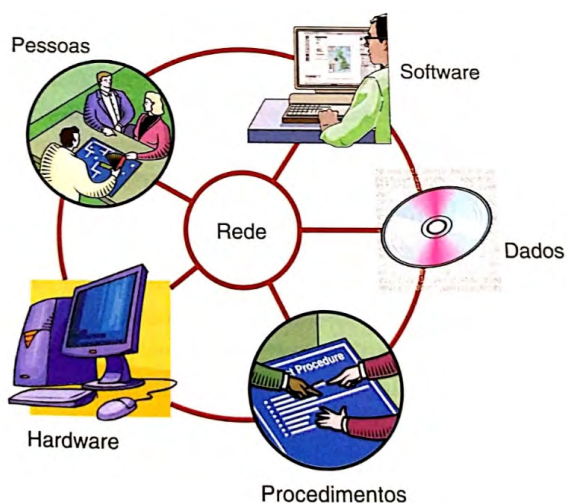
Quadro 3 – Algumas definições de SIG existentes na literatura.

AUTOR	ANO	DEFINIÇÃO
Burrough	1986	Um poderoso conjunto de ferramentas para aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real.
Ficcdc	1988	Um sistema computacional composto por <i>hardware</i> , <i>software</i> e procedimentos de desenho para suporte à captura, manejo, manipulação, análises modelagem e exibição de dados especialmente referenciados para resolver planejamentos complexos e problemas de manejo.
Aronoff	1989	Um conjunto de procedimentos manuais ou computacionais utilizados para armazenar ou manipular georreferenciados.
Antenucci <i>et al.</i>	1991	Sistemas que contam com a integração de três aspectos distintos da tecnologia computacional: manejo de base de dados (dados gráficos e não gráficos); rotinas de manipulação, exibição e impressão das representações gráficas dos dados; e, algoritmos e técnicas que facilitam a análise espacial.
Bonham-Carter	1996	Um sistema computacional para manejo de dados espaciais. A palavra geográfica implica que as localizações dos itens dos dados ou são conhecidas ou podem ser calculadas em termos de coordenadas geográficas (latitude, longitude).

Fonte: Menezes; Fernandes (2013).

A história moderna do SIG data do início da década de 1980, com a queda do preço dos computadores potentes, se tornando mais acessível à população. Além disso, o desenvolvimento da internet foi fundamental para a maioria dos aspectos do SIG, visto que trabalham integradamente, por meio da colaboração entre usuários e sites (LONGLY *et al.*, 2013). Nesse sentido, a rede se configura como uma peça-chave para a anatomia destes sistemas, conforme a Figura 28.

Figura 28 – Componentes dos Sistemas de Informações Geográficas.



Fonte: Longley *et al.* (2013).

O segundo componente chave do SIG é o *hardware*, que se configura como sendo o dispositivo na qual o usuário interage com as operações do sistema. Nos dias atuais, podem ser *notebooks*, *smartphones* e acessórios automotivos, dando uma gama de opções aos usuários, todavia, na década de 1980, não possuía essa mobilidade. Já os *softwares*, outro componente que integra o SIG, é executado localmente na máquina do usuário. Normalmente é uma licença comprada junto aos vendedores de SIG, como por exemplo o ArcGIS, produzido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), o *Mapinfo*, da *Pitney Bowes* e o *VisualSIG*, produzido pela *Aldape*. Também existem SIG gratuitos, com código livre ou não, como o QGIS, um dos mais utilizados, que se tornou código aberto em 2007; o gvSIG, desenvolvido pela *Conselleria d'Infraestructures i Transports* da comunidade de Valência; o GRASS, de código aberto desenvolvido por *GRASS Development Team*, o *SPRING* e *TerraView*, desenvolvidos pelo INPE, dentre outros.

O quarto componente é o BDG, “[...] que consiste em uma representação digital de aspectos selecionados de alguma área específica da superfície ou próxima da Terra, construído para servir na resolução de problemas ou para fins científicos”. (LONGLY *et al.*, 2013, p. 25). Se tratando do tamanho do(s) arquivo(s) para armazenamento, pode ser de poucos *megabytes* ou até *terabytes*.



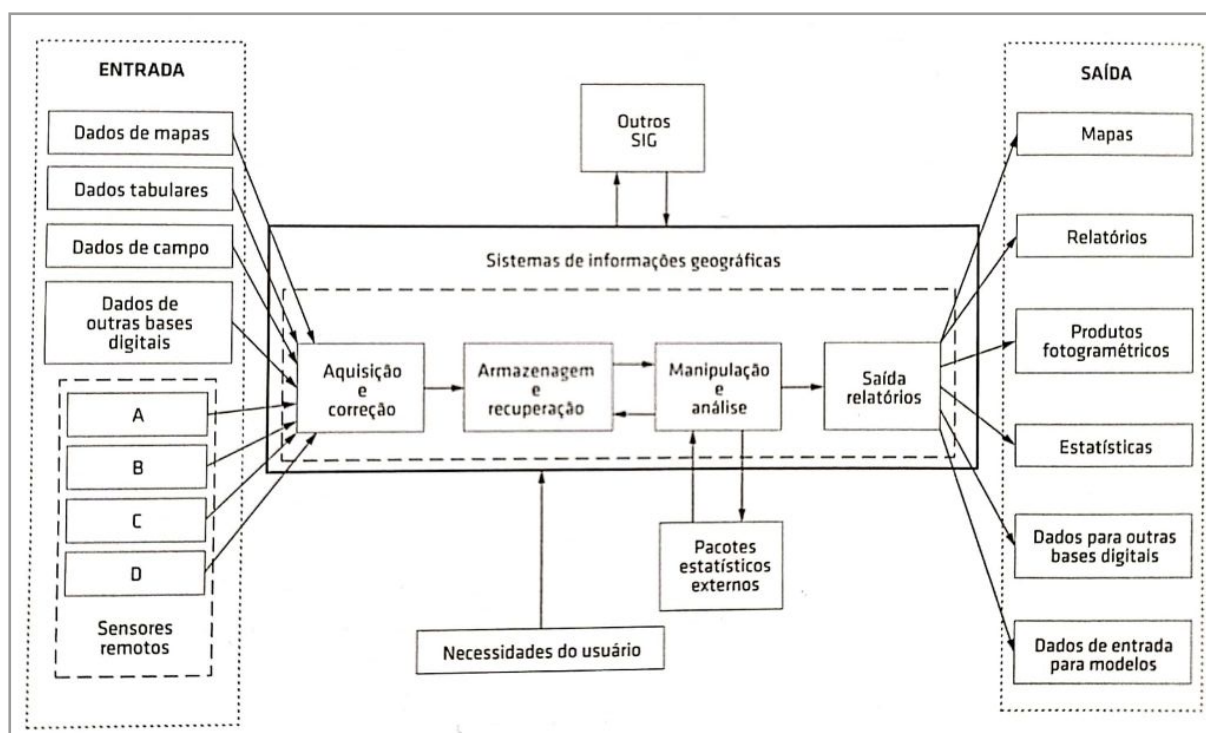
Com a rede, *hardware*, *software* e banco de dados, é fundamental um gerenciamento para controle e organização destes componentes, para que as atividades de SIG atinjam suas necessidades, mantenham-se no orçamento, na qualidade e alcancem os objetivos da organização ou instituição (LONGLEY *et al.*, 2013).

Por fim, o último componente e, talvez, um dos mais fundamentais para o funcionamento do SIG é o usuário, também chamado de *peopleware*. É essencial porque faz a condução do sistema, adiciona os dados, roda as ferramentas e interpreta os dados. Muitas vezes, é ignorada pelo enfoque demasiado na tecnologia, como já abordado no termo “Cartografia Automatizada”. Sobre o segmento do usuário, Matias (1996) coloca que:

O elemento humano, como não poderia deixar de ser, desempenha um papel fundamental na existência de um SIG. Sobre ele recai a tarefa de condução do sistema, no sentido mais amplo possível (implantação, funcionamento, etc.), e também a iniciativa de criá-lo, ou seja, tomar a decisão sobre a sua necessidade e a adequabilidade dessa tecnologia como possível solução para uma determinada problemática. (MATIAS, 1996, p. 140).

Para Burrough (1986), o *software* dos SIG, consistem, basicamente, por cinco componentes: a entrada e verificação da informação; o armazenamento e gestão da informação; a transformação dos dados; interação com o utilizador e a saída e apresentação dos resultados. Menezes (2000) apresenta os componentes de um *software* mais detalhadamente, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 – Componentes de um software de um SIG.



Fonte: Menezes (2000).

Deste modo, é possível visualizar que a entrada de dados contempla arquivos das mais variadas fontes, como mapas já confeccionados, tabelas alfanuméricas, dados coletados em trabalhos

de campo por meio de dispositivos GNSS, dados de outras bases digitais, como por exemplo *shapefiles*<sup>35</sup> de instituições oficiais ou, ainda, mapas de base digitais como do *Google Maps* ou Satélite

35 São utilizados para representar as mais variadas feições, como cidades, municípios, rodovias e rios, por meio de pontos, linhas e polígonos, sendo proporcionalmente representados pela escala cartográfica. Os *shapefiles* são o formato mais recorrente para arquivos vetoriais reconhecidos pelo SIG.



(<https://www.google.com.br/maps/>, acesso em: 15 jul. 2020), *OpenStreetMap* (<https://www.openstreetmap.org/>, acesso em: 15 jul. 2020) e *Bing Maps* (<https://www.bing.com/maps>, acesso em: 15 jul. 2020). Além disso, é possível adicionar imagens advindas de sensores remotos, orbitais ou aerotransportados e, mais recentemente, com as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), que permitem o usuário a realizar o seu próprio levantamento.

Após a entrada destas informações no ambiente SIG, ocorre a conferência do sistema de coordenadas (datum horizontal). Nesse sentido, tem-se a necessidade do usuário, no manuseio do programa, recuperar e armazenar informações, além de manipular o sistema com uma série de ferramentas, para cumprir o objetivo proposto. Por fim, a saída dos dados produz diferentes formas de mapas, quantificações de área, perímetro, distâncias, entre outros, além de produtos estatísticos e fotogramétricos ou, ainda, arquivos que serão exportados para outros *softwares* ou bases digitais.

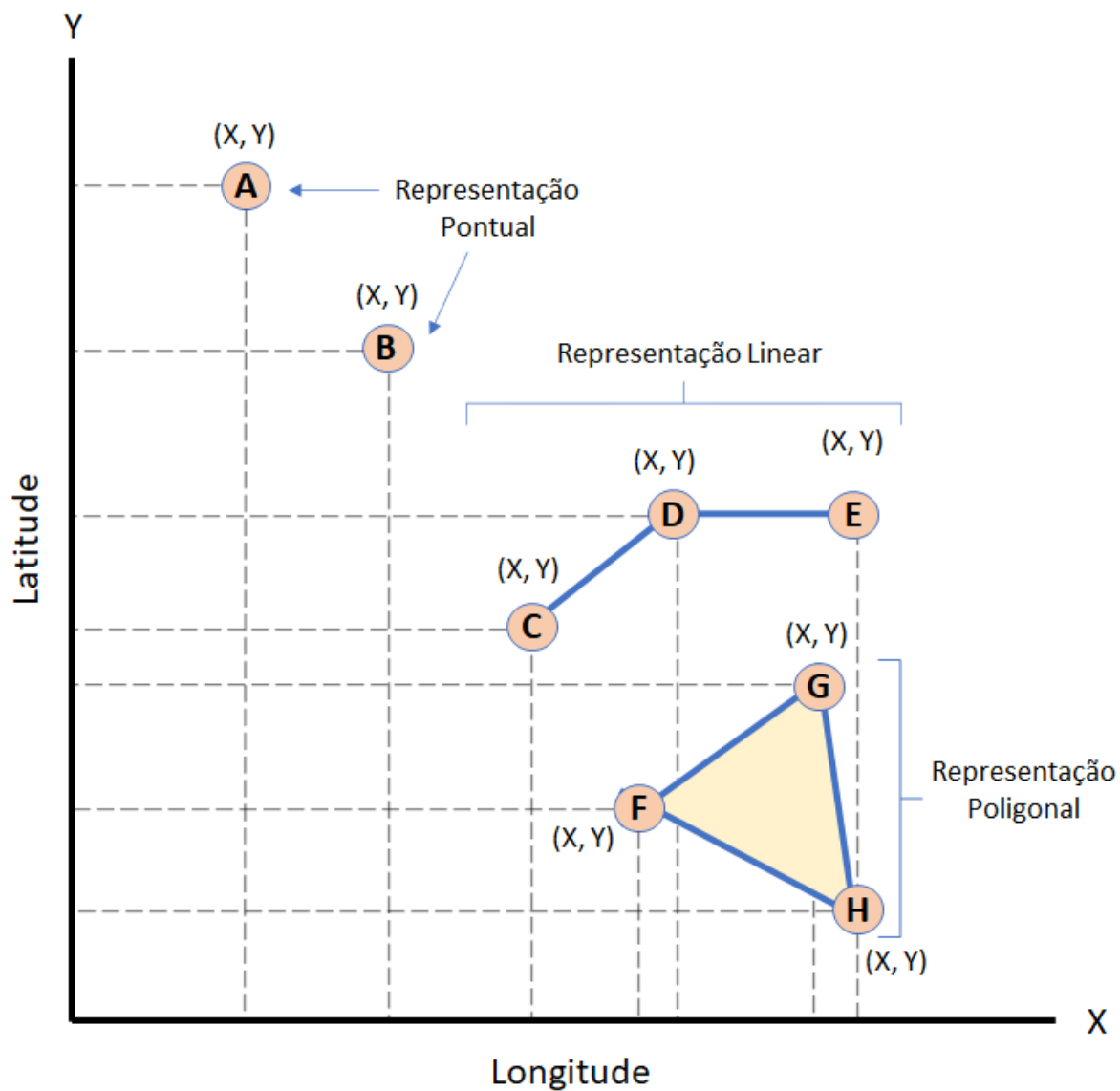
Tratando-se da estrutura dos dados que são suportadas dentro do SIG, concebe-se a existência de dois tipos de dados: os dados espaciais e os dados alfanuméricos. Os dados espaciais são divididos em arquivos vetoriais e estruturas matriciais (raster). Segundo Fitz (2008b, p. 53-54), “A estrutura vetorial (*vector structure*) é composta por

três primitivas gráficas (pontos, linhas e polígonos) e utiliza um sistema de coordenadas para a sua representação”. Os pontos são materializados por um par de coordenadas (latitude e longitude), enquanto as linhas necessitam de, no mínimo, dois pontos para sua construção, pois o início e o fim são pontos (com coordenadas conhecidas). Por fim, o polígono ou área, necessita de, no mínimo, três pontos para ser utilizado, desde que o primeiro e o último ponto sejam os mesmos. A Figura 30 ilustra a representação vetorial.

Ressalta-se, portanto, que um objeto pode ser representado por ponto ou por polígono e que a escolha do método de representação está diretamente relacionada com a escala cartográfica do mapeamento. Por exemplo, para representar a área urbana de Santa Maria em um mapa com todo o território nacional, o recomendado é uma implantação pontual, visto que uma poligonal não será visível na escala do mapa em questão (pequena). No entanto, se fosse um mapa da área urbana do município, que apresenta uma escala cartográfica maior (escala grande) quando comparada ao mapa do Brasil, deverá possuir uma representação poligonal, com detalhamento das ruas, rodovias e bairros que a compõe, ou seja, com um nível maior de detalhamento. Essa comparação está ilustrada na Figura 31.



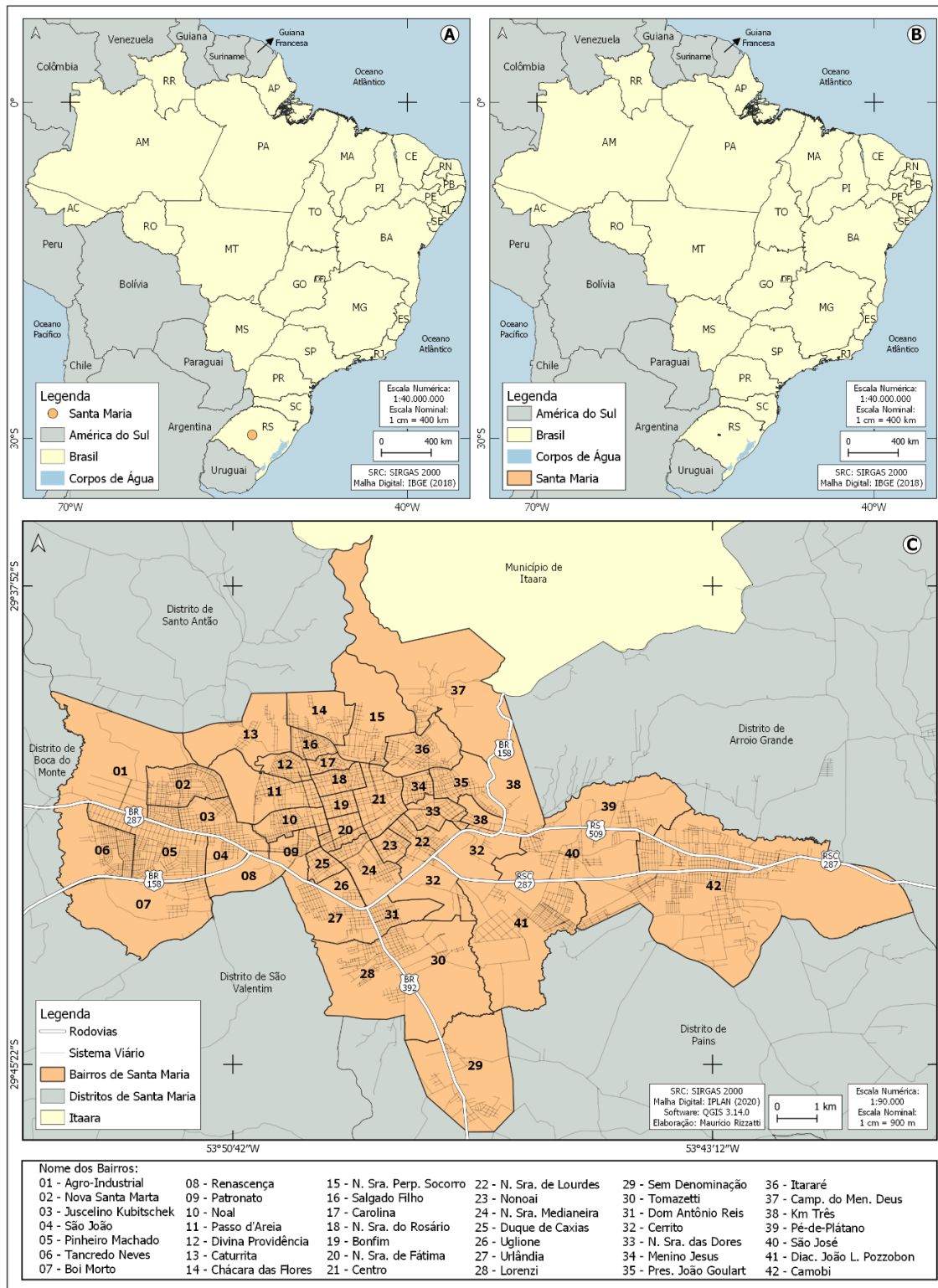
Figura 30 – Representação Vetorial: ponto, linha e polígono associado a um sistema de coordenadas.



Fonte: Rizzatti (2022).



Figura 31 – Representação pontual (A) e poligonal (B) da área urbana de Santa Maria, em uma escala pequena e o nível de detalhamento em escala grande (C).



Fonte: Rizzatti (2022).



O outro tipo de estrutura que é adicionada ao SIG é a representação matricial, grade ou raster. É representada por uma matriz com “n” linhas e “m” colunas,  $M(n, m)$ , em que cada célula formada pelo encontro de uma linha com uma coluna é denominada de *pixel*, apresentando um valor “z”, que pode indicar a altitude ou refletância de um objeto (FITZ, 2008a). As imagens de satélite, cartas topográficas e fotografias aéreas digitalizadas entram no sistema como estruturas matriciais.

Comparando em alguns pontos da estrutura vetorial leva vantagem, quando comparada a matricial, por permitir uma integração com dados alfanuméricos, o limite de cada classe é contínuo, diferente do raster que apresenta, normalmente, um padrão quadriculado (pixelizado), além de permitir o cálculo de distâncias e áreas de um modo mais rápido. Por outro lado, a representação matricial executa a operação entre camadas, como multiplicação, de maneira mais eficaz, todavia a união com tabelas de dados é dificultada. O Quadro 4 apresenta uma comparação entre as estruturas de dados raster e vetorial.

Quadro 4 – Comparação entre estruturas matriciais e vetoriais.

RASTER	VETORIAL
Traduzem imagens digitais matriciais geradas por sensoriamento remoto e processos de escanização.	Traduzem imagens vetorizadas, composta por pontos, linhas e polígonos.
Execução de operações entre camadas ou <i>layers</i> de mesma área e atributos distintos, é extremamente fácil e rápida.	Execução de operações entre camadas ou <i>layers</i> de mesma área e atributos distintos, é bastante complexa e demorada.
Vínculo com atributos alfanuméricos é dificultado ( <i>pixel a pixel</i> )	Vínculo com atributos alfanuméricos torna-se facilitado, já que se dá através do ponto, linha ou polígono registrado.
Resolução digital está vinculada diretamente a quantidade de <i>pixels</i> da imagem, podendo requerer processadores de grande capacidade e velocidade.	Resolução digital do mapa é limitada pela quantidade de vetores dispostos e de sua impressão, proporcionando grande detalhamento.
Fronteira das imagens são descontínuas (efeito serrilhado).	Fronteira das imagens são contínuas (feições regulares).
Cálculo de distâncias e áreas se vinculam ao desempenho do <i>hardware</i>	Cálculos de distância e áreas são, em geral, simplificados, tornando o processo mais rápido.

Fonte: Adaptação de Fitz (2008b).

De acordo com Fitz (2008a), em um ambiente SIG, o mapeamento de uma área específica se dá por meio de dados matriciais e vetoriais, que são compostos por:

[...] vários níveis, planos ou, ainda camadas de informações, conhecidos como *layers*. Cada um destes níveis possui sua própria estrutura de dados. Essas formas de representação permitem a utilização mais adequada daquelas camadas que interessam ao usuário, facilitando a manipulação do conteúdo da plotagem ou impressão final. (FITZ, 2008a, p. 100).

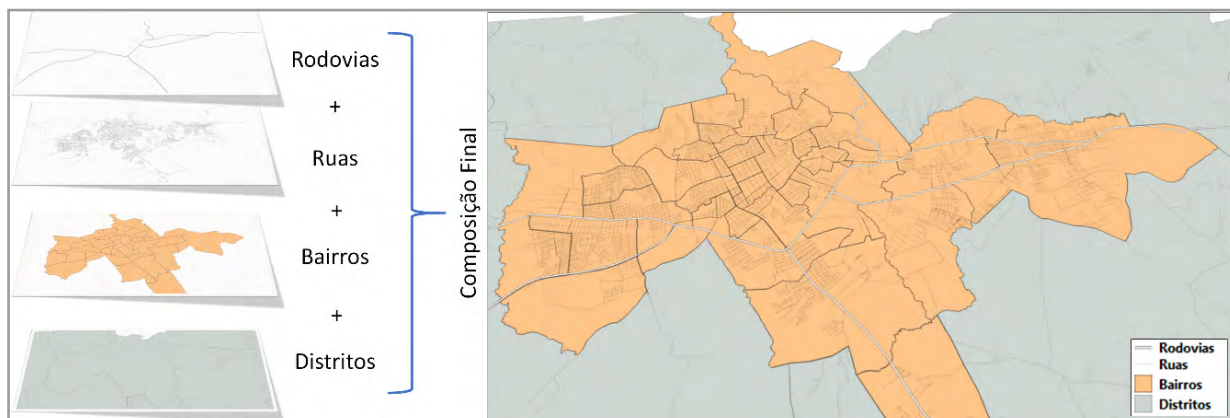
Assim, essa camada de informações ou *layers*, referem-se a rodovias, ruas, distritos e bairros, quando unidos, vão compor o mapa. Nesse sentido, podemos afirmar que os dados, vetoriais ou matriciais, dispostos na camada de informações, servem como uma legenda prévia para a interpretação dos dados no SIG, antes de sua finalização<sup>36</sup>. A Figura 32 demonstra essa ideia de sobreposição do plano de informação.

36 Finalização do mapa em um ambiente SIG se refere na adição de título, coordenadas, escala, legenda e informações complementares.





Figura 32 – Adição de *layers* até a configuração do mapa final.



Fonte: Rizzatti (2022).

O segundo tipo de dado suportado pelo SIG, além do espacial, é o alfanumérico. De acordo com Fitz (2008b), os dados alfanuméricos são “[...] constituídos por caracteres (letras, números ou sinais gráficos) que podem ser armazenados em tabelas, as quais podem formar um banco de dados”. (FITZ, 2008b, p. 56). Assim, os dados alfanuméricos não apresentam informações gráficas espacializadas, entretanto, é adequada a associação ou união de dados não espaciais em um banco de dados georreferenciados.

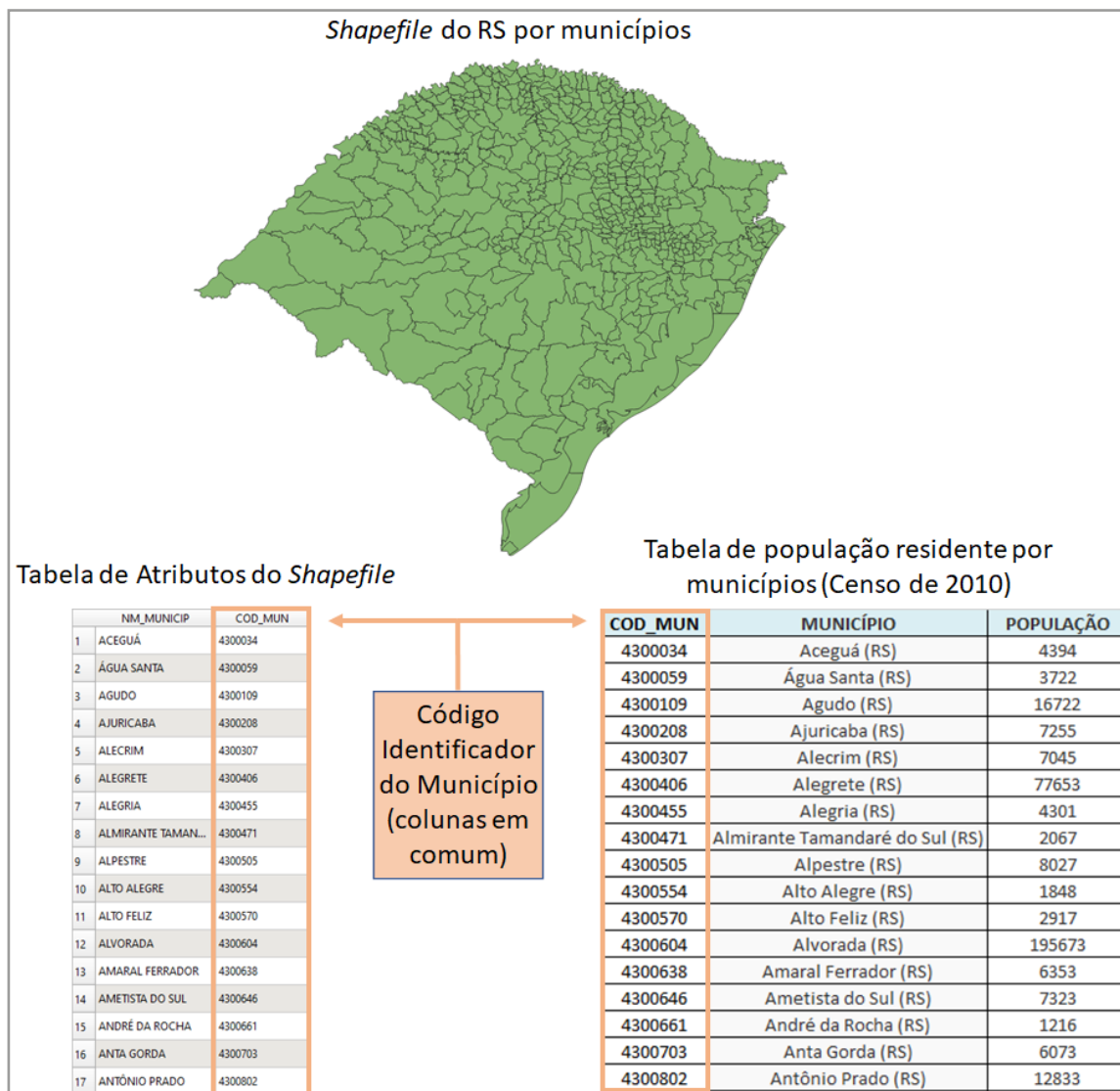
Sobre isso, Câmara e Monteiro (2001) abordam que:

Em muitas situações é conveniente permitir a associação de informações não-espaciais a um banco de dados georreferenciado. Por exemplo, considere-se uma aplicação de cadastro urbano em uma prefeitura que já dispõe de um sistema para cálculo do IPTU baseado num cadastro alfanumérico de lotes. Neste caso, pode-se desejar associar o cadastro alfanumérico a dados georreferenciados contendo a localização geográfica e as dimensões destas propriedades. (CÂMARA, MONTEIRO, 2001, p. 15).

Nesse sentido, esse tipo de dado pode ser unido a uma representação vetorial, desde que haja um atributo em comum com a tabela de dados e a camada vetorial em questão. Por exemplo, dados referentes a população e indicadores sociodemográficos, podem ser associados a um *shapefile* de municípios, bairros ou setores censitários, desde que, na formatação da planilha de dados, como na base espacial, exista um código espacial de identificação (como o código do município, bairro ou setor censitário), conforme exposto na Figura 33.



Figura 33 – Representação vetorial poligonal dos municípios e planilha da população residente por municípios do Rio Grande do Sul<sup>37</sup>.



Fonte: Rizzatti (2022).

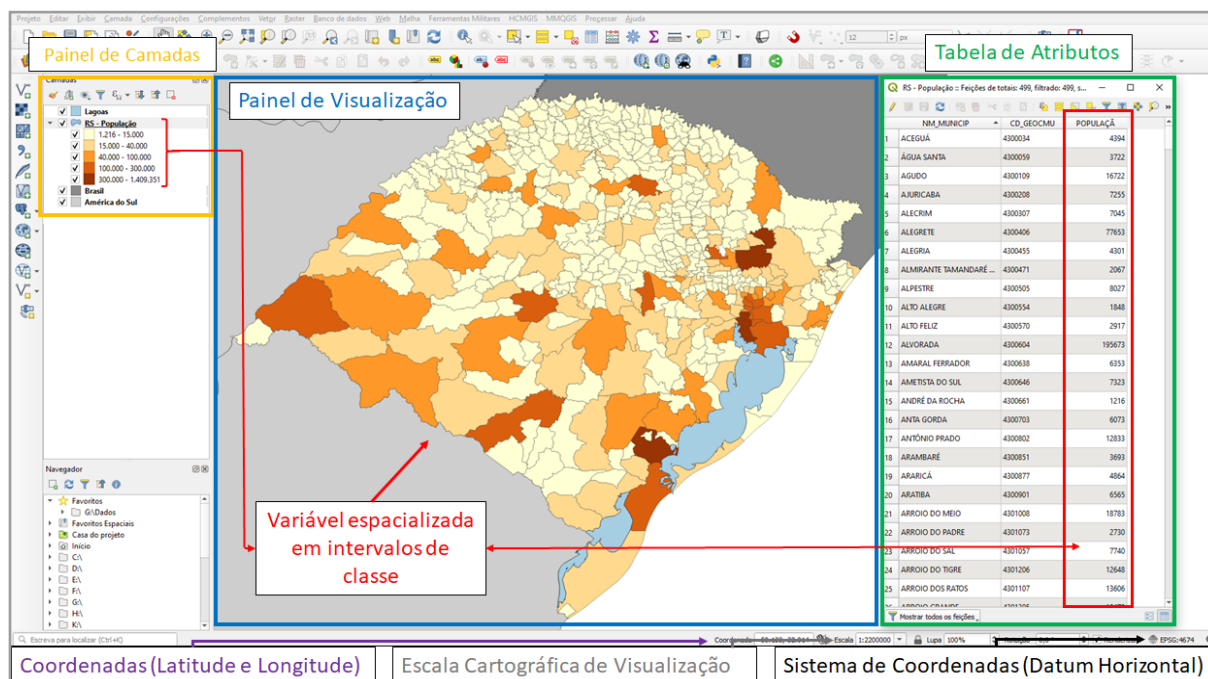
A partir do exposto, o SIG, o *software* QGIS no exemplo apresentado, possui ferramentas para unir a tabela da população residente à representação vetorial. Desta forma, a variável unida passa a integrar a tabela de atributos do *shapefile*, tornando possível a representação dela por intervalo de classes, utilizando a variável visual cor para tal, conforme exposto na Figura 34. Além disso, a mesma

figura representa uma ilustração da *interface* gráfica do QGIS, onde é possível ver o painel de camadas, que é uma visão preliminar da legenda, o painel de visualização, painéis de coordenadas, escala e datum horizontal, além da variável unida pelo código do município na tabela de atributos.

<sup>37</sup> O *shapefile* do Rio Grande do Sul por municípios foi adquirido no portal de mapas do IBGE (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>, acesso em: 16 jul. 2020) e o dado populacional do Censo Demográfico de 2010 está disponibilizado no SIDRA – Tabela 1378: População residente, por situação do domicílio, sexo e idade, segundo a condição no domicílio e compartilhamento da responsabilidade pelo domicílio (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1378>, acesso em: 16 jul. 2020).



Figura 34 – Interface gráfica do QGIS: painel de camadas, visualização, tabela de atributos, coordenadas, escala cartográfica e sistema de coordenadas.



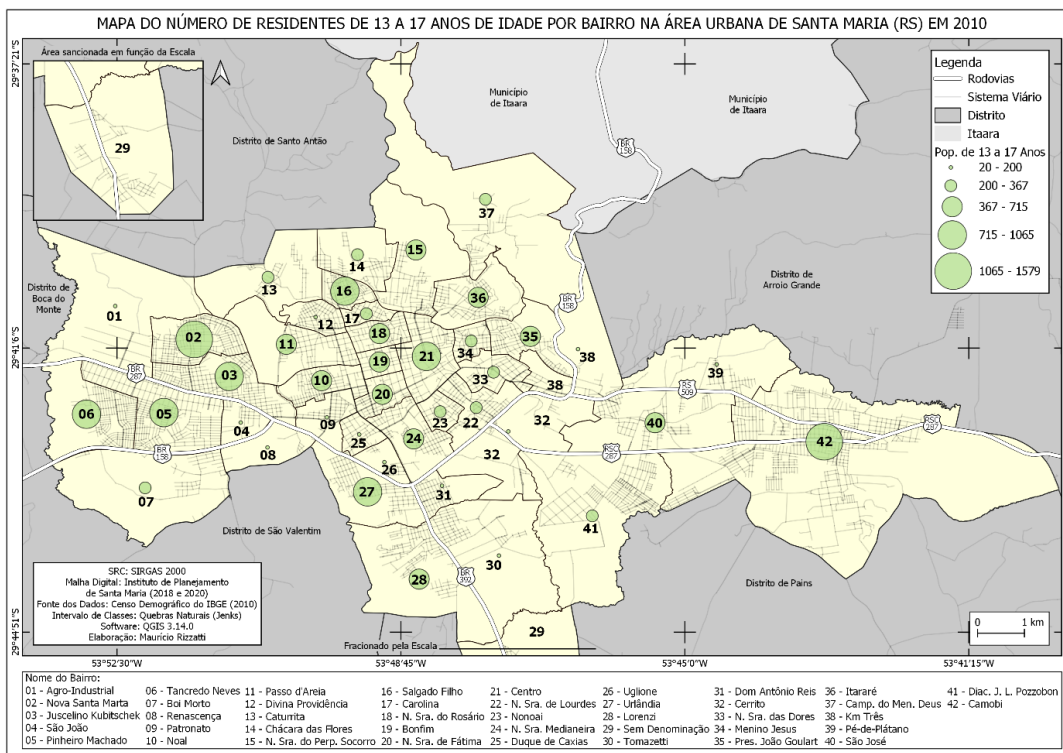
Fonte: Rizzatti (2022).

Cabe destacar que podem ser utilizadas diferentes variáveis visuais para ilustrar cada informação. Robinson *et al.* (1995) e Martinelli (2014) recomendam círculos proporcionais para dados absolutos (variável visual tamanho), como população<sup>38</sup>, por exemplo, e cores para taxas e proporções. Após as camadas (*layers*) serem organizadas no projeto e que as ferramentas ou algoritmos são executados pelo usuário, o mapa deve ser finalizado no “compositor de impressão”. Nesse procedimento são adicionados o título, as coordenadas (*grid*), a orientação espacial, a legenda, a escala e as informações complementares, conforme as Figuras 35 e 36.

38 Aplicou-se cor para população somente para fins de ilustração do intervalo de classe e união dos dados com a tabela de atributos do *shapefile*.

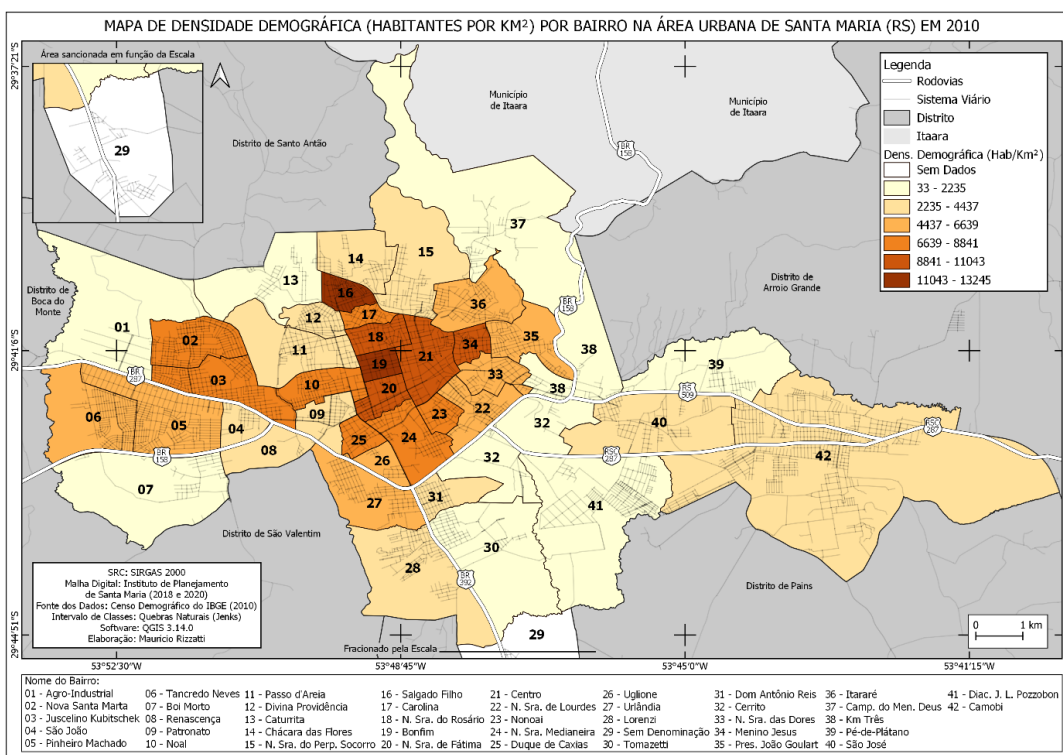


Figura 35 – Mapa do número de residentes de 13 a 17 anos de idade na área urbana de Santa Maria (RS) em 2010, por bairros.



Fonte: Rizzatti (2022).

Figura 36 – Mapa de Densidade Demográfica (habitantes por km<sup>2</sup>) por bairro na área urbana de Santa Maria (RS), em 2010.



Fonte: Rizzatti (2022).

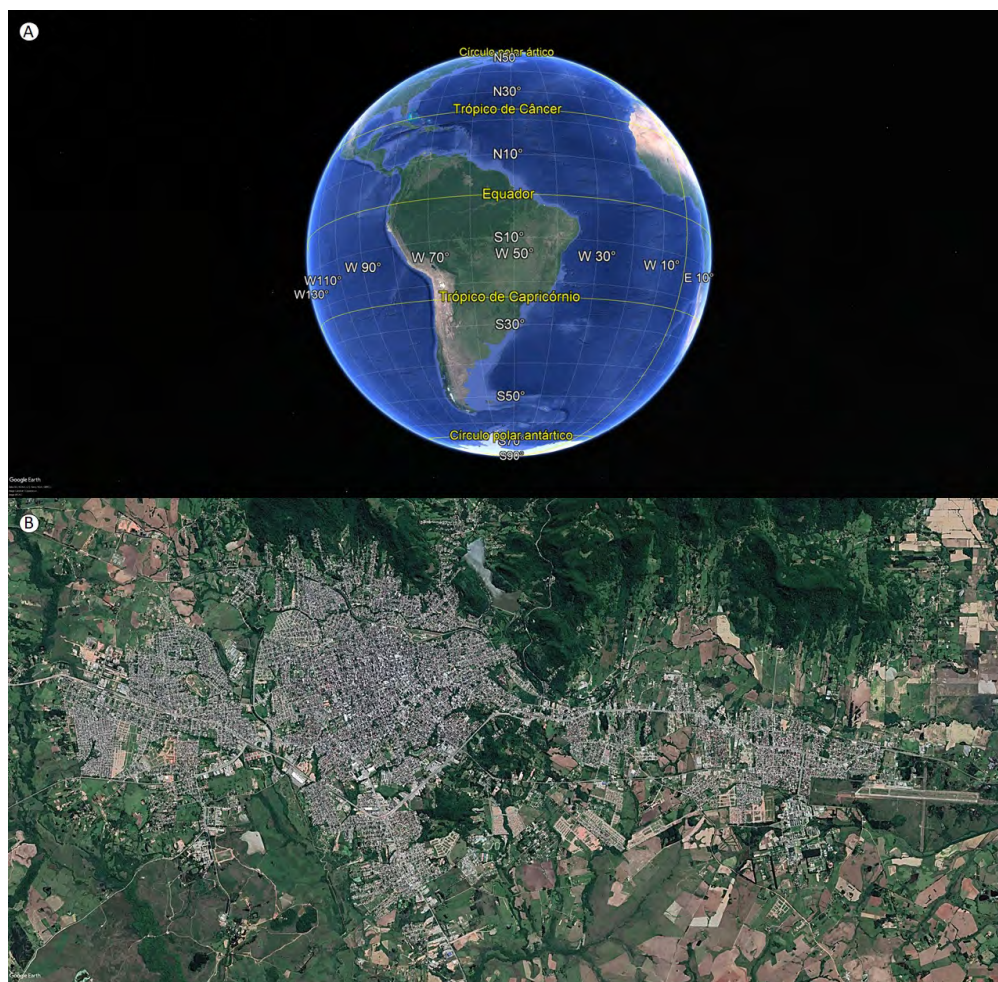


Por mais que a produção de representações cartográficas seja um conhecimento técnico, esse produto acaba chegando à população, com o mapeamento de quaisquer temas, recentemente, nos mapas de monitoramento do novo Coronavírus<sup>39</sup>.

Além disso, o imageamento do planeta por sensores remotos, além de se configurar como um recurso tecnológico destinado a uma série de aplicações, é, também, utilizada pelos cidadãos através do *Google Earth*<sup>40</sup> (<https://www.google.com.br/earth/download/ge/index.html>, acesso em: 16 jul. 2020), segundo a ilustração da Figura 37, mesmo que sem

uma intencionalidade evidente sobre o uso que faz da ferramenta. Essas imagens disponibilizadas pelo *Google* tem uma grande contribuição em mapeamentos, pela facilidade e agilidade associada a uma boa qualidade, além da possibilidade de adicionar mapas base no ambiente SIG. Além disso, pode ser desenvolvida em contextos educacionais, levando o aluno a uma melhor compreensão de um tipo de visão a qual não está acostumado no dia a dia (visão vertical) e caracterização de diferentes paisagens utilizando a ferramenta de imagens históricas.

Figura 37 – *Google Earth Pro*: visualização do globo terrestre (A) e da área urbana de Santa Maria (B).



Fonte: *Google Earth Pro* (2021).

39 Em dezembro de 2019, algumas pessoas apresentaram pneumonia de origem desconhecida na cidade de Wuhan, capital da província de Hubei, na China (GUAN et.al, 2020). Após algumas investigações, descobriu-se, então, que se tratava de um novo Coronavírus, conhecido por causar infecções respiratórias agudas e graves (LI; LIN, 2013). Em 11 de março de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS), observando sua rápida difusão pelo mundo, acabou definindo a SARS-CoV-2 (Coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2) ou COVID-19 como uma pandemia (WHO, 2020).

40 *Software* desenvolvido pela empresa *Google* cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, resultado de mosaicação de imagens de satélites e aéreas das mais variadas escalas, onde é possível estimar área e distâncias, capturar coordenadas e criar pontos, linhas e polígonos.



De um modo geral, a evolução da Cartografia Analógica à Digital, principalmente pelo aprimoramento tecnológico vivenciado no século XX, o imageamento por meio de aerolevantamentos e sensores orbitais, atrelado com o desenvolvimento do GNSS e SIG, impulsionaram a produção de produtos cartográficos. Esse conjunto de tecnologias destinados à coleta, ao processamento e à análise de informações georreferenciadas são conhecidas como geotecnologias. Segundo Rosa (2013, p. 6, grifos nossos), as geotecnologias são o “[...] conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. São compostas por soluções de *hardware*, *software* e *peopleware* que juntas constituem-se em poderosos instrumentos como suporte a tomada de decisão”.

Sobre geotecnologias, Matias (1996) coloca como o:

Termo que vem sendo empregado por diversos autores para denominar o conjunto de tecnologias computacionais e os conhecimentos científicos que lhes são necessários para realizar a aquisição, o tratamento e a produção de informações de forma georreferenciada, congrega, portanto, o Sensoriamento Remoto, a Cartografia Digital, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e o Sistema de Informações Geográficas (SIG). (MATIAS, 1996, p. 64).

As geotecnologias estão associadas a um conceito muito difundido no século XXI, o geoprocessamento. Ele se caracteriza pela utilização de técnicas matemáticas para o tratamento de informações geográficas, influenciando de maneira

crescente a Cartografia, transportes, comunicação e planejamento rural e urbano (CÂMARA; DAVIS, 2001). Segundo Fitz (2008a, p. 108), o geoprocessamento é entendido como uma técnica, por meio da utilização de um SIG, que “[...] busca a realização de levantamentos, análises e cruzamentos de informações georreferenciadas, visando à realização do planejamento, manejo e/ou gerenciamento de um espaço específico, apoia-se na Cartografia digital para realizar essa manipulação dos dados”.

A Cartografia, no percurso do tempo, enfatizou aspectos relacionados à modernização de seus métodos e à novas perspectivas no uso e na incorporação de tecnologias. O prestígio e a legitimidade de se manteriam, em sua trajetória histórica, pela conformidade ao modelo formativo da ciência, e sua modernidade se exprimiria nas técnicas sofisticadas (imagens de satélites, SIG, geoprocessamento, entre outros) e nos métodos que ela emprega.

A influência do pós-modernismo se insinuou na trajetória da Cartografia e lhe conferiu um caráter de “aliada” no cotidiano, da vida no dia a dia, oportunizado por meio das facilidades de localização, de transporte privado e público e do contato facilitado às informações espaciais. Olhar para a influência do pós-modernismo sobre a Cartografia, é perceber, também, a natureza dos primeiros mapas e sua arte, avaliar o progresso, as heranças e, por que não, a legitimidade da manutenção de uma tradição que constituiu sua identidade: localizar para melhor conhecer!



# 5

## Considerações finais



Conforme apresentado durante essa obra, a Cartografia é compreendida como sendo a interface entre técnica, ciência e arte, tendo como produtos diferentes documentos de representação da Terra ou de sua porção. Nesse sentido, se aproxima da Geografia de forma bastante direta, pois a superfície terrestre, objeto de estudo de geógrafos, é representada por ela desde os períodos mais remotos.

Assim, pode-se dizer que a história da Cartografia se confunde com a história da Humanidade, visto que sempre acompanhou o homem na busca de resolver “o onde?”. Os povos primitivos, mesmo utilizando utensílios rudimentares, conseguiam representar algo importante para sua sobrevivência. Com o desenvolvimento da língua e da ciência, os gregos apresentaram inúmeras contribuições para a Cartografia, principalmente no sistema de coordenadas e na noção de esfericidade terrestre, bem como seu raio e circunferência.

Todavia, com a Idade Média, o conhecimento da época era ditado pela Igreja, fez com que a representação da Terra fosse mais simbólica, celeste e metafísica e menos territorial, embora, nesse mesmo contexto, estivesse em pleno desenvolvimento a Cartografia pelos árabes, como no mapa de Al-Idrisi. Nesse contexto, não podemos afirmar que houve um retrocesso cartográfico e/ou geográfico durante a Idade Média (ou de todas as ciências de um modo geral), pois o conhecimento desenvolvido anteriormente não foi totalmente perdido.

O Renascimento e as grandes navegações fizeram a Cartografia se desenvolver ainda mais, principalmente com a invenção da Imprensa e Arte de Gravar, tornando a reprodução de mapas mais rentável e em menor tempo. A projeção de Mercator também tem sua relevância no sentido de possibilitar a navegação em alto mar utilizando mapa e bússola. Além disso, as discussões se a forma da Terra seria uma esfera perfeita foram realizadas, tendo em vista o nível de precisão caso dos levantamentos caso fosse ligeiramente achatada.

Na Idade Contemporânea, as inovações aplicadas a Cartografia se caracterizam por serem inventadas e/ou utilizadas em conflitos e guerras. O SR, a fotogrametria e o GNSS trazem uma gama de aplicabilidade no sentido de imageamento de alvos

na superfície e de levantamento de informações a campo. Essas técnicas contribuem com a velocidade com que novas informações são geradas, dentre as diferentes aplicações que podem ser efetuadas, levando em consideração as diferentes características dos sistemas sensores. Além disso, a evolução da informática revoluciona a representação gráfica em modo digital, fazendo com que a Cartografia seja transformada do analógico ao digital.

Atualmente, com a atual fase do capitalismo e o mundo em redes, a internet vem a colaborar e muito com a difusão de informações e dados. Existem inúmeras bases, desde diferentes imagens de satélites que podem ser acessadas diretamente em SIG, em *interface Web* ou em *softwares*, assim como dados quantitativos coletadas em pesquisas como o censo demográfico e agropecuário, por exemplo. Esses são alguns dos recursos disponíveis que colaboram com a dinamicidade na elaboração dos mapas do século XXI, algo que caracteriza a contemporaneidade, principalmente quando aliados a mapas interativos *Web*, refletindo a Cartografia atual como algo ubíquo.

Nesse contexto, os mapas estão presentes em *check-in* de redes sociais, na televisão, na internet, em anúncios de imobiliárias, nos livros, em tatuagens e, sobretudo em App. que a população faz uso deles, principalmente por serem interativos e dinâmicos, nos diferentes dispositivos móveis. Assim, a Cartografia está presente no cotidiano das pessoas, visto que os mapas fazem parte de suas vidas.

Conforme já demonstrado, a informática provocou uma renovação da Cartografia a partir da década 1980, principalmente pela capacidade de armazenamento de informações e tratamento de representações gráficas. Todavia, esses procedimentos eram (e ainda são) realizados por áreas específicas, levando em consideração a gama de profissionais que utilizam mapeamentos em suas atividades. Porém, não podemos deixar de lado o uso da Cartografia pela população em geral, também pode ser empregada como exemplo de sua difusão, pois os mapas digitais, interativos e dinâmicos integram as diferentes atividades do dia a dia.

Portanto, a tecnologia aplicada a Cartografia corresponde ao conhecimento humano da época, ou seja, não é possível afirmar que exista uma





Cartografia “melhor ou pior”. As diferentes técnicas em determinados momentos históricos irão produzir um tipo de representação cartográfica e, conseqüentemente, isto está relacionado ao modo de pensar da sociedade naquele contexto.

Este livro rastreia as origens da Cartografia e apresenta a sua trajetória histórica até os dias atuais. As tecnologias incorporadas a Cartografia descortinam um “novo mundo” com cenários e possibilidades na palma da nossa mão. Harari (2016, p. 398), na página final, sobreavisa que “[...] a ampliação de nossos horizontes pode ser um tiro no pé,

por nos fazer ficar mais confusos e inativos do que antes”. De Masi (2010, p. 336), também na página final, retoma o bonito conto de Borges, quando o discípulo pergunta se o paraíso existe, o mestre Paracelso responde dizendo que “[...] tem certeza de que o paraíso existe: e é nesta terra. Mas o inferno também existe: e existe em não dar conta de que vivemos num paraíso”. Aqui, na página final, o livro “*Breve história da Cartografia: dos povos primitivos ao Google Earth*”, denota a importância e a beleza de conhecer a origem da Cartografia e sua evolução nos destinos da humanidade.



## Referências

- ANDERSON, P. S.; RIBEIRO, A. J. Introdução à Fotointerpretação. In: ANDERSON, P. S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982.
- ANTENUCCI, J. C.; BROWN, K.; CROSWELL, P. L.; KEVANY, M. J.; ARCHER, H. **Geographic information systems: a guide to the technology**. 1 ed. New York: Campman & Hall, 1991.
- ARONOFF, S. **Remote sensing for GIS managers**. 1. ed. Redlands, California: ESRI Press, p. 487, 2005.
- BARROS, H. L. de L. **Santos Dumont e a Invenção do Avião**. Rio de Janeiro: CBPF, 2006. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/du000003.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.
- BECKER, E. L. S. **História do Pensamento Geográfico**. Santa Maria: Centro Universitário Franciscano, 2006.
- BIBLIOTECA DIGITAL MUNDIAL. **Região do Mar Mediterrâneo em 1569**. s/d. Disponível em: <https://www.wdl.org/pt/item/6765/>. Acesso em: 19 jan. 2020.
- BONHAN-CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. 2. ed. Kindlington: Pergamon Press, 1996.
- BROWN, L. A. **The Story of maps**. New York: Dover Publications, 1951.
- BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Systems of Land Resources Assesment**. New York, Oxford University Press, 1986.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação: Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação**. – São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação: Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação**. – São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.
- CAMPOS, A. C. **Cartografia: Ciência, Arte ou Técnica? Definições e Campos de atuação**. s/d. Disponível em: [http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11190204042012Cartografia\\_Basica\\_Aula\\_3.pdf](http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11190204042012Cartografia_Basica_Aula_3.pdf). Acesso em: 25 fev. 2020.
- CARVALHO, E. A.; ARAÚJO, P. C. **Forma e dimensões da Terra**. Natal: EDUFRN, 2008.
- CFC GLOBAL. **Como Eratóstenes mediu o tamanho da terra**. s/d. Disponível em: <https://edu.gcfglobal.org/pt/usando-a-matematica/como-eratostenes-mediu-o-tamanho-da-terra/1/>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- COLWELL, R. N. (Ed.). **Manual of Remote Sensing**. 2. ed. Falls Church: ASP&RS, 1983.
- CURY, L.; CAPOBIANCO, L. Princípios da história das tecnologias da informação e comunicação e grandes invenções. **Anais do VIII Encontro Nacional de História da Mídia**. Guarapuava: Unicentro, 2011.
- DASH, J. **O prêmio da longitude**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- DE MASI, D. **O ócio criativo**. Rio de Janeiro: Sextante, 2010.
- DUARTE, P. A. **Fundamentos de Cartografia**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002.
- FEITOSA, F. F. **Sistemas de Coordenadas e Projeções Cartográficas**. 2016. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/10032832/>. Acesso em: 07 fev. 2020.
- FICCDC. Federal Integagency Coordinating Committee on Digital Cartography. **A process for evaluating GIS**. U.S. Geological Survey, 1988.
- FITZ, P. R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b.
- FRIEDMANN, R. M. P. **Fundamentos de orientação, cartografia e navegação terrestre: um livro sobre GPS, bússolas e mapas para aventureiros radicais e moderados, civis e militares**. 3. ed. Curitiba: Editora UTFPR, 2009.
- G1 – Portal de Notícias da Globo. **Entenda a 1ª Guerra Mundial em 20 fotos da época**, 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2014/07/entenda-1-guerra-mundial-em-20-fotos-da-epoca.html>. Acesso em 25 fev. 2020.
- GAARDER, J. **O mundo de Sofia: romance da história da filosofia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- GÂNDAVO, P. de M. de. **A Primeira História do Brasil: história da província de Santa Cruz a que vulgarmente chamamos de Brasil**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004.
- GARCIA, M. C. P. **Aplicação do Sistema de Informações Geográficas em estudos ambientais**. Curitiba: InterSaberes, 2014.
- GASPAR, J. A. **Cartas e Projeções Cartográficas**. 3. ed. Lisboa, Portugal: Lidel – Edições Técnicas, 2015.



- GOOGLE EARTH PRO. **Google Earth Pro**: modelo tridimensional do globo e imagens de satélites, 2021. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- GUAN, W.; NI, Z.; HU, Y.; LIANG, W. H.; et al. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. **The New England Journal of Medicine**. London, 2020. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2002032>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- HARARI, Y. N. **Homo Deus**. Uma breve história do amanhã. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.
- HARLEY, J. B. A nova história da cartografia. **O Correio da Unesco**, v. 19, n. 8, p. 4-9, 1991.
- HARTIER, R. Do códice ao monitor: a trajetória do escrito. **Estud. av.[online]**. v. 8, n. 21, p. 187, 1994.
- HISTÓRIA MUNDI. **Tábua Peutinger**: o mapa-múndi da Roma Antiga, 2018. Disponível em: <http://histormundi.blogspot.com/2018/03/tabua-peutinger-o-mapa-mundi-da-roma.html>. Acesso em: 18 jan. 2020.
- IBGE. **Noções básicas de Cartografia**. Departamento de Cartografia. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.
- IBGE. **Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. 2005. Disponível em: [http://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf). Acesso em: 07 fev. 2020.
- IBGE. **Atlas geográfico escolar**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- INPE. **História do CBERS**, 2018. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/historia.php>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009.
- JEREZ, G. O.; ALVES, D. B. M. GLONASS: Revisão teórica e estado da arte. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 6, n. 2, p. 155-173, 2018.
- JOLY, F. **A cartografia**. 15. ed. Campinas, SP: Papirus, 2013.
- KELTIE, J. S. Geographical education. **Report to the Council of Royal Geographical Society**: Supplementary Papers RGS, v. 1, n. 4, p. 439-595, 1885. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=wu.89095933297&view=1up&seq=1>. Acesso em: 13 fev. 2020.
- KNAUSS, P.; RICCI, C.; CHIAVARI, M. P. **Brasil**: uma Cartografia. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2010.
- LEÃO NETO, P. **Sistemas de Informação Geográfica**. Lisboa: FCA, 1998.
- LI, S. W.; LIN, C. W. Human coronaviruses: Clinical features and phylogenetic analysis. **BioMedicine**, v. 3, n. 1, p. 43-50, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biomed.2012.12.007>. Acesso em: 17 jul. 2020.
- LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.
- LIRA, R. R. de. El papel de la ciencia y la técnica em el descubrimiento. **Humanidades**, UnB, Brasília, vol. 8, n. 2, p. 117-125, 1992.
- LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- MACHADO, G. E. **Tecnologias da informação e comunicação aplicadas à educação**. Indaial: UNIASSELVI, 2019.
- MAGUIRE, D. J. An overview and definition of GIS. In: MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W. (Eds.). **Geographical information systems**: Principles and applications, v. 1, UK: Longman Scientific and Technical, p. 9-20, 1991.
- MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1986.
- MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2014.
- MATIAS, L. F. **Por uma cartografia geográfica** – Uma análise da representação gráfica na geografia. (Dissertação de Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, São Paulo, 1996.
- MENEZES, P. M. L. **A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem**: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos. (Tese de Doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ/Pós-Graduação em Geografia, 2000.
- MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. do C. **Roteiro de cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008.
- MORAES, A. C. R. **Geografia**: Pequena História Crítica. 17. ed. São Paulo: Hucitec, 1999.
- MY OLD MAPS. **World Maps of Al-Idrisi**, s/d. Disponível em: <http://www.myoldmaps.com/early-medieval-monographs/219-al-idrisi-world-maps/219-al-idrisi.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.
- NEWHALL, B. **Airborne Camera**: The World from the Air and Outer Space, NY: Hastings House, 1969.
- NEWTON, I. **Principia**: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural (livros II e III). 1. ed. 1 reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.
- NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto**: Princípios e Aplicações. 2. ed. 4ª reimpr. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2002.



OLIVEIRA, C. de. **Curso de Cartografia Moderna**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

OLIVEIRA, D. A. U. de. **As Grandes Navegações: aspectos matemáticos de alguns instrumentos náuticos**. (Dissertação de Mestrado). Mestrado profissional em Matemática em Rede Nacional PROFAT, Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Matemática, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/9838/2/Arquivototal.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.

PINTO, C. H.; ARANHA, N. Construção de radiotelescópio para análise de micro-ondas solares em 12 GHz. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, nº 2, e2312, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n2/1806-1117-rbef-40-02-e2312.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2020.

RAFFO, J. G. G. Técnicas de Localização e Georreferenciamento. In: VENTURI, L. A. B. (Org). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

RAISZ, E. **Cartografia Geral**. Rio de Janeiro: Editôra Científica, 1969.

REIS, A. E. **Astrolábios náuticos em Portugal**. Edições Inapa, 2002.

RIBEIRO, G. da S. Luta pela autonomia e pelo território: geografia e os estados alemão e francês na virada do século XIX ao século XX. **Revista Mercator**. Ceará: Fortaleza: UFC, ano 08, n. 15, 2009.

RIZZATTI, M. **Cartografia Escolar, Inteligência Múltiplas e Neurociências no Ensino Fundamental: a Mediação (Geo)Tecnológica e Multimodal no Ensino de Geografia**. 510 páginas. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, RS, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/24075>. Acesso em 10 mai. 2022.

ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C.; KIMERLING, A. J.; CUPTILL, S. C. **Elements of Cartography**. 6. ed. John Wiley & Sons Inc, 1995.

ROCHA, J. A. M. R. **O ABC do GPS**. Recife: Bagaço, 2004.

RODGERS, A. I. Compass: A compass is a device that indicates direction. It is one of the most important instruments for navigation. **National Geographic**, 2013. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/compass/>. Acesso em: 19 jan. 2020.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia – Laboratório de Geoprocessamento, 2013.

SAGAN, C. **Cosmos**. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, 2006.

SEEMANN, J. Linhas imaginárias na Cartografia: a invenção do primeiro meridiano. **Geograficidade**, v. 3. p. 31-44, 2013. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geograficidade/article/view/12872>. Acesso em: 17 jul. 2020.

SENAR. **Agricultura de Precisão**. Aula 2 – A constituição do sistema de navegação por satélite, s/d. Disponível em: [http://ead.senar.org.br/lms/webroot/uploads/senar-go/conteudos/12/modulo\\_03/m03\\_a02.html](http://ead.senar.org.br/lms/webroot/uploads/senar-go/conteudos/12/modulo_03/m03_a02.html). Acesso em: 13 jul. 2020.

SOBEL, D. **Longitude**. Temas e Debates, 2000. Disponível em: <https://cursinhomulp.files.wordpress.com/2011/04/longitude.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física**. Barcelona: Ediciones Omega, 1974.

TEIXEIRA, A. L. A.; GERARDI, L. H. O. **Cartografia Assistida por Computador**. São Paulo: IGCE/UNESP, 83-99, 1986.

TIBERGHIE, G. Imaginário cartográfico na arte contemporânea: sonhar o mapa nos dias de hoje. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 57, p. 233-251, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0020-38742013000200010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0020-38742013000200010). Acesso em: 16 jan. 2019.

TÔSLO, S. G.; RODRIGUES, C. A. G.; BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. **Geotecnologias e Desinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Geodésia e Cartografia**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

VELOSO FILHO, F. de A. V. Forma, dimensões e feições gerais da Terra: da Antiguidade ao Renascimento. **Revista Mercator**, v. 9, n. 18, p. 183-194, 2010.

WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; KIRCHNER, F. F. **Elementos de interpretação fotográfica**. Guarapuava: Ed. Unicentro, 2007.

WHO. Organização Mundial da Saúde. **Coronavirus disease (COVID-19) outbreak**. Genebra: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. Acesso em: 17 jul. 2020.

WOLF, P. R.; DEWITT, B. A. **Elements of Photogrammetry: with applications in GIS**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

XAVIER, A. R.; CHAGAS, E. F.; REIS, E. C. Cultura e Educação na Idade Média: aspectos histórico filosófico-teológicos. **Revista Dialectus**, n. 11, p. 310-326, 2017. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/32676/1/2017\\_art\\_arxavierefchagas.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/32676/1/2017_art_arxavierefchagas.pdf). Acesso em: 18 jan. 2020.



## Sobre os autores e a autora

### **Maurício Rizzatti**

Graduação em Geografia - Licenciatura Plena e Geografia - Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Especialização em Cartografia e Sensoriamento Remoto pela Faculdade Metropolitana do Estado de São Paulo. Especialização em “Tecnologias Aplicadas à Educação”, “Metodologias Ensino de Geografia” e “Administração Escolar, Supervisão e Orientação” pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI). Mestrado em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGeo) pela UFSM. Doutorado em Geografia - Passagem Direta para o Doutorado - pelo PPGGeo da UFSM. Pós-Doutorando em Geografia pela UFSM. Pesquisa e atua na área de Cartografia, Geoprocessamento, Cartografia Escolar, Teoria das Inteligências Múltiplas, Geotecnologias, Sensoriamento Remoto; Geografia Física, e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

### **Elsbeth Léia Spode Becker**

Graduação em Geografia - Licenciatura Plena e Geografia - Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestrado em Engenharia Agrícola Área das Ciências Rurais e Doutorado em Agronomia pela UFSM. Atuou como professora adjunta III na Universidade Franciscana - UFN nos cursos de Geografia, Turismo e Mestrado em Ensino de Humanidades. Foi professora da rede pública estadual na Escola Estadual de Ensino Básico Augusto Ruschi e no Instituto São José de Santa Maria. Aposentada desde janeiro de 2021.

### **Roberto Cassol**

Graduação em Geografia - Bacharelado e Geografia - Licenciatura Plena pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais-CEIOSO, pela UFSM. Mestrado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Doutorado em Geografia (Geografia Humana) pela Universidade de São Paulo (USP). Professor titular aposentado da UFSM nos cursos de graduação em Geografia presencial e a distância e na Pós-Graduação em Geografia. Atualmente, Graduando em Tecnologia em Geoprocessamento pela UFSM. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Fotogeografia (Físico-Ecológica) e Geocartografia, atuando principalmente nos seguintes temas: Cartografia, Cartografia Escolar, Geografia e Ensino, Geoprocessamento, Uso da Terra, Educação e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).



## Índice remissivo

### A

agricultura 22, 53, 56  
Astronomia 6, 17, 18, 23, 30  
atividades culturais 6, 12  
azimute 25, 32, 37

### B

burguesia 29, 40  
bússola 24, 30, 32, 50, 53, 54, 71

### C

cartas 6, 10, 13, 18, 29, 30, 32, 55, 63  
cartografia 7, 10, 15, 28, 39, 54, 55, 56, 73, 74  
cartógrafo 11, 31  
comunicação 10, 11, 30, 54, 69, 73, 74  
conhecimento cartográfico 6, 21, 22, 23, 43  
conhecimento científico 19, 30, 34, 36, 38  
conhecimento geográfico 6, 12, 42, 43

### E

elipsoide 35, 36, 37, 38, 51

### G

Geographia 17, 19, 24, 25, 29  
geoide 36, 37

### H

hidrografia 14

### I

IBGE 10, 11, 23, 36, 38, 65, 74, 75  
Idade Antiga 6, 14, 15

Idade Contemporânea 6, 14, 40, 71

Idade Média 6, 14, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 71, 75

Império Romano 18, 22

informações 8, 10, 11, 19, 25, 29, 38, 42, 44, 45, 48, 51,  
53, 55, 56, 57, 60, 63, 64, 66, 69, 71

### L

laxodromia 32

### M

mapas 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 22, 23, 24, 26,  
29, 30, 32, 36, 41, 43, 46, 48, 55, 56, 59, 60, 65, 68, 69,  
71, 73

mapeamentos 31, 37, 40, 68, 71

### N

navegação 7, 10, 24, 25, 30, 31, 32, 38, 40, 41, 50, 51,  
53, 71, 73, 75

### O

orientação espacial 13, 23, 66

### P

pergaminhos egípcios 16

pinturas rupestres 8, 12

povos primitivos 6, 7, 8, 12, 13, 14, 71, 72

### R

renascimento 6, 28, 29

representação 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 21, 22, 23,  
25, 31, 32, 38, 42, 55, 58, 60, 63, 64, 65, 71, 72, 74

[www.pimentacultural.com](http://www.pimentacultural.com)

A obra "Breve história da Cartografia: dos povos primitivos ao Google Earth" consiste em apresentar, caracterizar e explicar as principais contribuições para a sistematização da Cartografia e a Geografia, destacando, principalmente, o estudo dos gregos na Idade Antiga, o papel da Igreja na Idade Média, a contribuição de outras ciências na Idade Moderna e a Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, Cartografia Digital e aplicativos de dispositivos móveis na contemporaneidade.

