

MODELAGEM DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM ÁREAS DE MANEJO DE IMPACTO REDUZIDO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA COM LIDAR

Quétilla Souza Barros¹, Marcus Vinicio d'Oliveira², Nívea Maria Mafra Rodrigues³, Evandro José Linhares Ferreira⁴, Romário de Mesquita Pinheiro⁵, Gizele Ingrid Gadotti⁶

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Núcleo de Pesquisa no Acre, Estrada Dias Martins, 3868, Rio Branco-AC, CEP 69.917-560, quetilabarros@gmail.com, ² Embrapa Acre, BR 364, km 14, 69900970, Rio Branco, AC, marcus.oliveira@embrapa.br, ³ Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindenberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro, ES, 29550-000, niveamafra11@gmail.com, ⁴ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Núcleo de Pesquisa no Acre, Estrada Dias Martins, 3868, Rio Branco-AC, CEP 69.917-560, evandroferreira@hotmail.com, ⁵ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Núcleo de Pesquisa no Acre, Estrada Dias Martins, 3868, Rio Branco-AC, CEP 69.917-560, romario.ufacpz@hotmail.com, ⁶ Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Praça Domingos Rodrigues, Centro, 96010-450, gizeleingrid@gmail.com

Resumo

Este estudo fez uma análise comparativa de diferentes métodos de delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP) utilizando dados LiDAR de alta resolução espacial. As APPs foram calculadas usando três abordagens: i) em campo pela empresa concessionária, por dados LiDAR; ii) vetorização manual e iii) segmentação automática. Nas três abordagens foram feitos buffers de 30 metros em torno dos cursos d'água e 50 metros nas nascentes. A segmentação automática das APPs apresentou maior diferença com as medidas em campo. O cenário dois (LiDAR com vetorização manual) apresentou maior acurácia que o levantamento em campo (94,23%). Embora a delimitação de APPs com uso de dados LiDAR tenha apresentado resultados promissores, há limitações como, por exemplo, a necessidade de validação com dados coletados em campo e melhor aperfeiçoamento dos métodos existentes.

Palavras-chave — Monitoramento florestal, Floresta Amazônica, Sensoriamento remoto, Código Florestal, Plano de manejo.

Abstract

This study made a comparative analysis of different methods of delimiting Permanent Preservation Areas (PPA) using high spatial resolution LiDAR data. The PPAs were calculated using three approaches: i) in the field by the utility company, by LiDAR data; ii) manual vectorization and iii) automatic segmentation. In all three approaches 30 meter buffers were made around the water courses and 50 meters around the springs. The automatic segmentation of the PPAs showed the greatest difference with the field measurements. Scenario two (LiDAR with manual vectorization) showed higher accuracy than the field survey (94.23%). Although the delimitation of PPAs using LiDAR data showed promising results, there are limitations, such as the need for field validation and better improvement of the existing methods.

Key words — Forest monitoring, Amazon Forest, Remote sensing, Forest Code, Management plan.

1. INTRODUÇÃO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são caracterizadas como áreas protegidas constituídas ou não por vegetação nativa, com o papel ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, permitir o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo, e assegurar o bem-estar das populações humanas [1]

Em áreas sob regime de exploração madeireira na Amazônia, a Instrução Normativa nº 5 [2], que trata dos procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) nas florestas primitivas e suas formas de sucessão, regulamentou como obrigatório o zoneamento de APPs nas propriedades. Assim, estudos sobre delimitação das APPs em áreas manejadas vem se restringindo a essa obrigatoriedade legal nos planos de manejo. De modo geral, poucos trabalhos científicos têm sido voltados para delimitação de APP em locais sob regime de exploração madeireira. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo comparar diferentes métodos de delimitação de áreas de Preservação Permanente, utilizando tecnologia LiDAR em áreas sob regime de Exploração de Impacto Reduzido (EIR) em uma área sob regime de concessão na Floresta Nacional do Jamari, Rondônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo consistiu em cinco Unidades de Produção Anuais (UPAs), localizadas na Unidade de Manejo 03 da Floresta Nacional (Flona) do Jamari, localizada no estado de Rondônia, com aproximadamente 223 mil hectares e que desde 2010 tem sido permitido a exploração madeireira por meio de concessão florestal. Foram sobrevoadas pelo LiDAR as UPAs 1, 2, 3, 4 e 5 (Figura 1), cuja exploração ocorreu nos anos de 2011 (UPA1), 2012 (UPA 2), 2013 (UPA 3), 2014 (UPA 4) e 2015 (UPA 5).

Os sobrevoos foram realizados a 500 metros de altitude, utilizando um sensor LiDAR Harrier 68i da Trimble com uma frequência de escaneamento de 400 kHzv, ângulo de visada de 15° e sobreposição de faixa de 65%. Das áreas amostradas em 2014 na UMF III, apenas uma foi sobrevoada novamente em outubro de 2015.

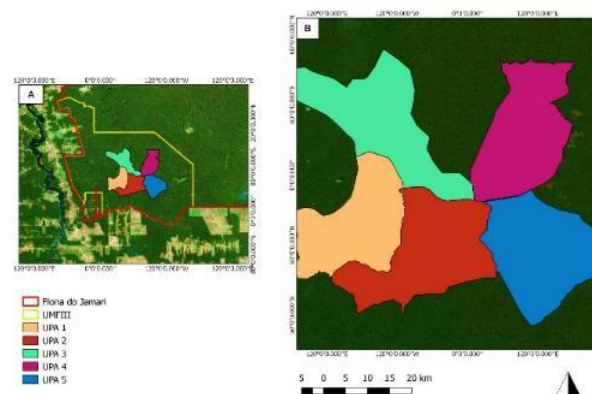


Figura 1. Localização das upas estudadas na UMF III da Floresta Nacional do Jamari, Rondônia.

Os dados brutos da nuvem de pontos LiDAR foram processados utilizando o software Fusion versão 3.8 [3]. Da nuvem normalizada, os pontos de solo foram interpolados considerando o inverso da distância e confeccionados os Modelos Digitais de Terreno (MDTs) com resolução espacial de um metro.

Para o mapeamento da hidrografia nas áreas estudadas, foram utilizadas três abordagens com diferentes dados altimétricos, designados neste trabalho como abordagens 1, 2 e 3. A primeira abordagem englobou as APPs delimitadas em campo pela empresa concessionária, que consistiu em duas metodologias: O levantamento das APPs em campo constitui a fase do microzoneamento e realizada por uma equipe de colaboradores da empresa.

Por esse método, as áreas de APPs foram obtidas por meio do mapeamento dos cursos d'água em campo com receptor GNSS. Os operadores de campo caminham em áreas de difícil acesso, nas margens dos rios, nas partes internas dos igarapés e beiras de barranco, para mapear com maior riqueza de detalhes todas as ramificações da rede de drenagem existentes nas UPAs. Assim, as APPs são calculadas por meio da soma das áreas de APPs de cursos d'água com buffers de 30 m, APPs de nascentes em torno de buffers de 50 m e APPs de declividade em locais com inclinação superior a 45° [1]. Todo o processamento dessas informações foi realizado em ambiente SIG.

Na segunda abordagem, as áreas de APPs foram delimitadas com base na vetorização manual dos dados obtidos através do LiDAR, utilizando o software ArcGIS. Inicialmente, produziu-se o efeito de sombreado em cada MDT, em escala de cinza.

de cinza de 0 a 256, azimute de 315, altitude de 45 e fator $z = 1$. Em seguida, foi criado um arquivo shapefile de formato linha e manualmente realizou-se o contorno da hidrografia. Nos locais com presença de nascentes, estas foram confeccionadas a partir da elaboração de um shapefile de formato ponto, e a vetorização manual realizada sempre com base na observação visual do arquivo de hidrografia cedido pela empresa concessionária, para que não fossem confundidos como pontos de ocorrência de rede hidrográfica as infraestruturas de exploração.

Para APPs de hidrografia foram confeccionados buffers com dimensão de 30 m e em torno das nascentes esses buffers foram de 50 m, os quais foram unidos e realizado o recorte dos buffers dentro da área sobrevoada pelo LiDAR. As áreas de APPs foram calculadas pela ferramenta de cálculo de geometrias.

Na terceira abordagem, baseada na segmentação automática dos dados obtidos com LiDAR, para a delimitação da hidrografia, primeiramente, foram removidas as depressões espúrias do arquivo raster MDT. Em seguida, definiu-se a direção do fluxo da água, e se procedeu com a delimitação da bacia de acumulação da rede de drenagem. Por fim, foram definidos os valores mínimos para a bacia de acumulação e a ordem dos cursos d'água. A imagem gerada da ordem dos cursos d'água foi transformada em shapefile [4].

O primeiro passo para delimitação das APPs foi elaborar as zonas tampão em volta dos rios e igarapés, tendo como arquivo de entrada o mapeamento de hidrografia gerado no tópico anterior. A largura da margem do rio empregada para confecção do buffer foi de 30 metros, visto que não havia rios de grandes dimensões nas áreas de estudo.

Quando observado a presença de nascentes por meio da análise dos arquivos, foram criados os pontos que correspondiam a nascentes e em seguida elaborados os buffers. No caso das nascentes, a largura selecionada para uma das margens da APP foi de 50 metros.

Para evitar que fossem delimitadas APPs de nascentes em locais inadequados, realizou-se a comparação visual com o MDT sombreado e o arquivo vetorial de APPs disponibilizado pela empresa concessionária. Para definição das APPs relacionadas a hidrografia, procedeu-se com a união dos arquivos das APPs de cursos d'água e de nascentes e junção dos atributos de cada arquivo.

Em seguida, foi realizado o recorte dos fragmentos de APP que estavam fora da área sobrevoada por meio da ferramenta. As APPs relacionadas ao relevo foram delimitadas por meio do modelo de relevo produzido. Logo após, definiu-se duas classes de valores de declividade maior ou menor que 45° . A imagem gerada foi renderizada e convertida em shapefile de formato polígono. A partir disso, obteve-se os locais com declividade superior a 45° em formato vetorial. A área de APPs total correspondeu a soma das áreas de hidrografia e declividade maior que 45° . Em seguida, os mapas das APPs foram confeccionados para cada UPA. Para o cálculo da validação de área (ha) entre os três métodos foi realizado uma interseção entre os arquivos de APP para cada abordagem.

3. RESULTADOS

Por meio das informações coletadas em campo pela empresa concessionária, a densidade de APPs de rios e nascentes foi de 83,49 ha (Tabela 1).

Local	Abordagem 1		Abordagem 2		Abordagem 3	
	Área APP (ha)	% Área (%)	Área APP (ha)	% Área (%)	Área APP (ha)	% Área (%)
UPA 1	20,34	9,79	25,74	12,79	26,40	12,71
UPA 2	10,44	5,07	8,05	3,91	9,22	4,48
UPA 3	17,22	16,31	16,00	15,15	19,92	18,86
UPA 4	23,73	12,56	26,84	14,21	27,49	14,54
UPA 5	11,75	6,28	11,95	6,39	12,45	6,66
Total	83,49	9,32	88,58	9,89	95,48	10,68

Tabela 1. Estimativas das áreas de preservação permanente pelas três abordagens (medição em campo, LiDAR por segmentação manual e automática), nas UPAs estudadas na Floresta Nacional do Jamari, 2014.

Considerando as duas abordagens obtidas com levantamento ALS, a que apresentou maior diferença com as áreas de APPs medidas em campo foi a segmentação automática com refinamentos proposta por [4], com uma área total de APPs de 12,55% maior do que no visualizado em campo. As APPs com levantamento ALS delineadas com segmentação manual sob o MDR sombreado apresentaram área de 5,75% maior que a do campo.

De modo geral, ambos os métodos de vetorização das APPs com LiDAR apresentaram alta precisão percentual com as medições de campo 94,23% abordagens 1 e 2, 87,26% abordagens 1 e 3, e 92,60% nas abordagens 2 e 3, conforme pode ser visualizado nas Figuras 2, 3 e 4, que mostram a sobreposição entre as metodologias.

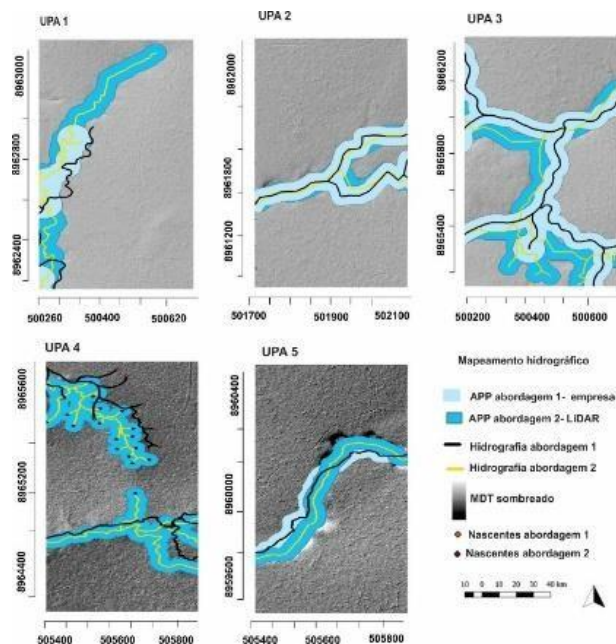


Figura 2. Representação das áreas de preservação permanente obtidas por levantamento de campo e LiDAR com segmentação manual sobrepostas ao MDT sombreado nas UPAs estudadas na UMF III da Floresta Nacional do Jamari, em 2014.

Os locais onde as APPs vetorizadas manualmente apresentaram menor área em ha, do que as visualizadas em campo e por segmentação automática (UPAS 2 e 3), foram aqueles que a visualização da hidrografia pelo MDR sombreado, foi menos nítida e possivelmente houve subestimação nas estimativas de áreas. Em nenhuma das UPAS foram visualizadas APPs de relevo com inclinação superior a 45°.

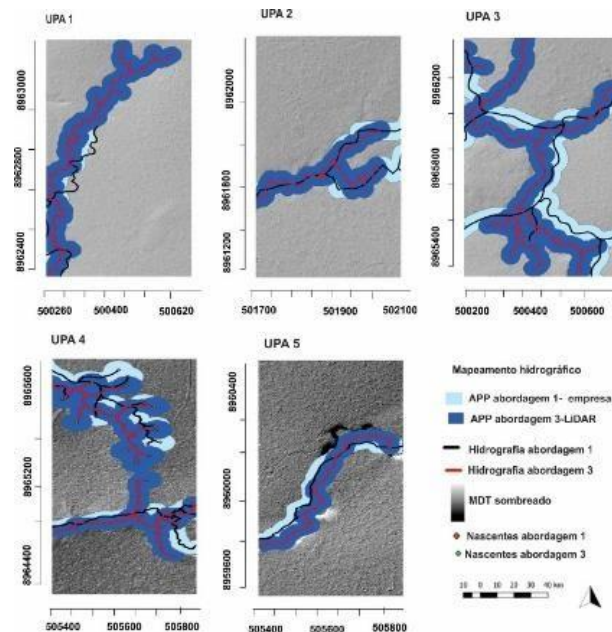


Figura 3. Representação das áreas de preservação permanente obtidas por levantamento de campo e LiDAR com segmentação automática sobrepostas ao MDT sombreado nas UPAs estudadas na UMF III da Floresta Nacional do Jamari, em 2014.

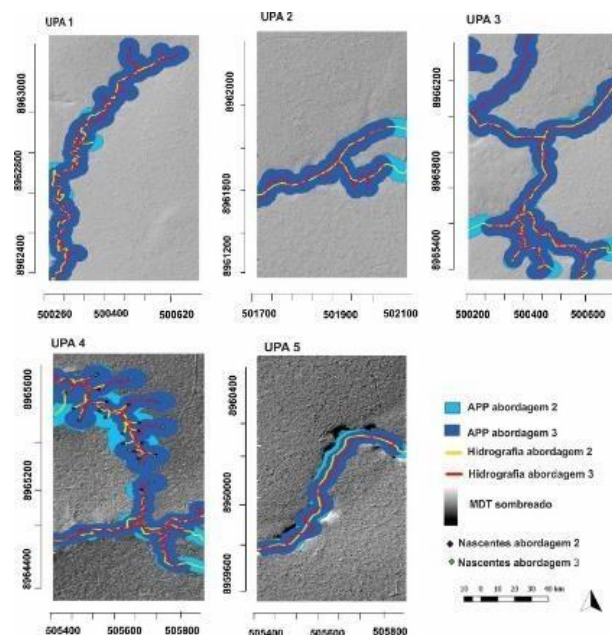


Figura 4. Representação das áreas de preservação permanente obtidas a partir de dados LiDAR por segmentação manual e automática sobrepostas ao MDT sombreado nas UPAs estudadas na UMF III da Floresta Nacional do Jamari, em 2014.

Em relação a sobreposição de áreas pelas três abordagens, em termos de posição e deslocamento, a diferença foi maior do que a visualizada para o percentual de área ocupada. Na UPA 3 a concordância percentual entre as abordagens “1 e 2” e “2 e 3” foi superior a 30%,

com um maior nível de precisão entre as medições em campo e levantamento LiDAR observado nas UPAs 2 e 5. A diferença entre a estimativa de área ocupada pelas APPs e a sobreposição em área se deve ao erro posicional do equipamento GNSS de ± 20 m. Para as duas abordagens com informações

LiDAR, como o MDT de alta resolução (1 metro) é muito sensível, na segmentação automática houve maior superestimativa de áreas, mesmo com refinamentos, o que explica a variação posicional (CV = 43,65%) nas abordagens com mesma fonte dados (Tabela 2).

Local	Abordagem 1-2		Abordagem 1-3		Abordagem 2-3	
	Área APP (ha)	% Área (%)	Área APP (ha)	% Área (%)	Área APP (ha)	% Área (%)
UPA 1	16	62,15	14	53,02	20	75,75
UPA 2	7	67,04	7	67,04	7	75,93
UPA 3	6	34,83	7	35,14	14	70,29
UPA 4	13	48,43	14	50,93	22	80,00
UPA 5	8	68,11	8	64,25	10	80,31
Média \pm Coeficiente de variação	10,00 \pm 43,01	56,11	10,00 \pm 36,74	54,07	14,64 \pm 43,65	76,45

Tabela 2. Estimativa da sobreposição das áreas de Preservação Permanente obtidas pelas três abordagens (medição em campo, com levantamento LiDAR por segmentação manual e automática) nas UPAs estudadas na UMF III da Floresta Nacional do Jamari em 2014.

4. DISCUSSÃO

Os resultados da delimitação das APPs pelas três abordagens analisadas, apresentaram pouca variação percentual (9,3% a 10,68% da área total sobrevoada). No estudo desenvolvido por [5], para o microzoneamento dessas áreas com LiDAR com metodologia semelhante ao da abordagem 2, o percentual de área total ocupada por APPs foi de 11,34%, valor próximo ao encontrado nas UPAs da Flona do Jamari. De uma forma geral, a porcentagem de área ocupada por APPs nos dois estudos foi similar, entretanto o referido autor não fez a comparação entre a acurácia dos dados ALS e as APPs medidas em campo, não sendo possível comparar a precisão das estimativas. Houve similaridade entre os resultados levantados na Flona do Jamari e os relatados por [6] em estudo realizado na China, que obtiveram precisão entre o levantamento ALS e GNSS de 96,6 a 96,9%.

5. CONCLUSÕES

As áreas de Preservação Permanente foram bem localizadas com a utilização do LiDAR, com melhores resultados apresentados pelo método de segmentação manual. Entretanto, as informações do sensor ainda necessitam ser validadas com o levantamento GNSS em campo, demonstrando ser

um tópico que necessita de mais pesquisas e aprimoramento das técnicas existentes.

6. REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. *Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm
- [2] BRASIL. *Instrução normativa n° 5, de 11 de dezembro de 2006*. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/_arquivos/in%20mma%2005-06.pdf8
- [3] Mcgaughey, R. *Software Fusion/ldv: Software for LIDAR Data Analysis and Visualization*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2018. 211p.

[4] d' Oliveira, M. V. N; Figueiredo, E. O.; Papa, D. A. *Uso do Lidar como Ferramenta para o Manejo de Precisão*. Embrapa, Brasília, 2014.

[5] Reis, C. R. *Mapeamento das restrições operacionais e ambientais numa área de floresta amazônica por meio do escaneamento laser aerotransportado*. 2018. 116 f. Dissertação (mestrado em ciência florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

[6] Yan, W. Y.; Shaker, A.; Larocque, P. E. Water mapping using multispectral airborne LiDAR data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. XLII-3, p. 2047-2052, 2018.