





MONITORAMENTO DE CLAREIRAS COM DADOS LiDAR EM CONCESSÃO FLORESTAL NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL

Thiago Cardoso Silva¹, Ana Shaura Oliveira Pinheiro², Marta Silvana Volpato Scoti¹

1 Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, RO, Brasil. E-mail: thiagocardoso.pe@gmail.com; martascoti@unir.br

2 Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, DF, Brasil. E-mail: anashaura@yahoo.com.br

Autor correspondente: Thiago Cardoso Silva. E-mail: thiagocardoso.pe@gmail.com

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi monitorar a recuperação de clareiras em área de manejo florestal madeireiro, na Floresta Nacional do Jamari, Rondônia/BR, utilizando a tecnologia LiDAR. A nuvem de dados LiDAR cobriu uma área de 160 ha com manejo em regime de exploração por impacto reduzido a uma taxa de corte de 11,73 m³ ha⁻¹. Os voos de origem dos dados foram realizados antes da exploração, em outubro de 2014, com a área recém explorada na Unidade de Produção Anual 4, e em 2020. A partir da nuvem de dados gerou-se duas métricas para o mapeamento dos impactos: *Canopy Height Model* (CHM) como métrica do dossel e *Relative Density Model* (RDM) como métrica do sub-bosque. Os dados LiDAR foram disponibilizadas pelo Serviço Florestal Brasileiro. Da área estudada, 7,47% teve danos causados por infraestrutura de exploração, sendo 3,67% correspondentes a clareiras provenientes da infraestrutura do manejo (pátios, estradas e trilhas de arraste) e 3,80% a clareiras abertas pela derrubada das árvores. Observou-se que a utilização da ferramenta LiDAR forneceu um retrato detalhado e representativo sobre a área explorada e os locais com perturbações, permitindo mapear e quantificar os danos causados pela colheita de madeira.

Palavras-chave: Exploração por impacto reduzido; FLONA do Jamari; sensoriamento remoto

MONITORING OF CLEARINGS WITH LiDAR DATA IN FOREST CONCESSION IN THE SOUTHWESTERN AMAZON, BRAZIL

ABSTRACT

*The objective of this work was to monitor the recovery of clearings in a timber forest management area in the Jamari National Forest, Rondônia/BR, using LiDAR technology. The LiDAR data point cloud covered an area of 160 ha with reduced impact logging management at a cutting rate of 11.73 m³ ha⁻¹. The data origin flights were performed before exploration, in October 2014, with the newly explored area in Annual Production Unit 4, and in 2020. From the data cloud, two metrics were generated for mapping impacts: *Canopy Height Model* (CHM) as a canopy metric and *Relative Density Model* (RDM) as an understory metric. LiDAR data were made available by the Brazilian Forestry Service. 7.47% of the studied area had damage caused by exploration infrastructure, with 3.67% corresponding to clearings resulting from management infrastructure (yards, roads and skid trails) and 3.80% to clearings opened by felling trees. Finally, it was observed that the use of LiDAR provided a detailed and representative description of the explored area and the places with disturbances, allowing to map and quantify the damage caused by the wood harvest.*

Key words: reduced-impact logging; FLONA do Jamari; remote sensing

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

O manejo florestal sustentável busca aliar a conservação com o potencial produtivo da floresta. Neste contexto, a concessão de florestas públicas na Amazônia é responsável por incrementar a oferta de produtos madeireiros, incentivando o uso sustentável destes recursos para gerar benefícios socioeconômicos e a proteção das florestas (Rodrigues *et al.*, 2020). No entanto, mesmo utilizando técnicas de exploração sustentável, o manejo pode alterar a ecologia da floresta, sobretudo pela abertura clareiras (Kazama *et al.*, 2021).

Uma das formas de avaliação dos impactos da exploração madeireira sobre a vegetação se dá pela observação das características da área alterada após o corte das árvores. Para tanto, muitas metodologias podem ser empregadas para esta finalidade, seja pelo monitoramento de parcelas permanentes ou por uso de sensoriamento remoto e outras geotecnologias, que estão sendo aplicadas para avaliação da cobertura vegetal e da biomassa florestal na Região Amazônica (Fagundes *et al.*, 2021; Araujo *et al.*, 2023).

Por isso, há a necessidade de avaliar o comportamento da floresta manejada para extração de madeira, buscando compreender a dinâmica das espécies após abertura de clareiras. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar quantitativamente a recomposição de clareiras após a colheita de madeira na Floresta Nacional do Jamari, em Rondônia/BR, utilizando tecnologia LiDAR.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Para avaliação dos impactos da exploração de madeira, foi avaliada uma área de concessão localizada na Floresta Nacional (FLONA) do Jamari, Rondônia/BR. Na época do estudo a área fazia parte da Unidade de Manejo Florestal (UMF) III, atualmente denominada como UMF V, sendo avaliada a Unidade de Produção Anual (UPA) 4 (Tabela 1). A colheita da madeira nesta UPA ocorreu nos meses abril e setembro de 2014, sob regime de exploração por impacto reduzido.

Tabela 1. Características da Unidade de Produção Anual (UPA) 4 em concessão na Floresta Nacional do Jamari, Rondônia/BR.

Informação	Valores
Área total da UMF	46.186 ha
Área total da UPA*	1.359 ha
Ano da exploração	2014
Volumetria autorizada para a UPA	31.015,68 m ³
Volume de madeira explorado na UPA	17.467,14 m ³

Em que: UMF = Unidade de Manejo Florestal; *Área de efetivo manejo

Obtenção dos dados LiDAR e processamento da nuvem de pontos

A avaliação dos impactos foi realizada a partir de sensoriamento remoto, cujos dados foram obtidos utilizando sensor LiDAR. As clareiras abertas foram analisadas a partir de uma nuvem de pontos em extensão *.las fornecida pelo Serviço Florestal Brasileiro, identificando e quantificando os impactos no sub-bosque e a frequência e distribuição das clareiras. Os voos para obtenção dos dados foram realizados em 2014, logo após a exploração da área, e em 2020, seis

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

anos após a exploração. O sobrevoo LiDAR na UPA 4 cobriu uma área amostral correspondente à 160 ha, com projeção UTM, fuso 20S e Datum SIRGAS 2000. Outras informações técnicas estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Informações técnicas dos dados LiDAR obtidos na Unidade de Produção Anual (UPA) 4, em área de concessão na Floresta Nacional do Jamari, Rondônia/BR.

Especificações	Sobrevoo Em 2014	Sobrevoo Em 2020
Sensor LiDAR	Trimble, Harrier 68i	LaseScan, Optech 3100
Mês de coleta	Outubro	Setembro
Altitude de voo	500 m	700 m
Frequência de escaneamento	360 kHz	55 kHz
Ângulo de escaneamento	15°	15°
Sobreposição média de retornos	65%	70%
Densidade média de retornos	49,6 ppm ²	59,2 ppm ²

A nuvem de dados LiDAR foi processada por meio do programa FUSION (Mcgaughey, 2010), desenvolvido pelo *Silviculture and Forest Models Team, Research Branch* do Serviço Florestal Americano. Os dados foram convertidos para gerar arquivos *raster*, da extensão *.dtm para a extensão *.asc, sendo possível visualizar e manipular os dados no FUSION.

Para quantificar a recomposição de clareiras na área da estudada, inicialmente quantificou-se as clareiras na área recém-colhida. Para isso, foram gerados o Modelo de Densidade Relativa (RDM – *Relative Density Model*) e o Modelo de Altura do Dossel (CHM – *Canopy Height Model*), analisando a nuvem de pontos. O RDM foi utilizado para avaliar o efeito no sub-bosque e na abertura de clareiras, conforme metodologia proposta por D’Oliveira *et al.* (2014), definidos os limites inferior (1 m) e superior (5 m). O processamento da métrica derivada e a classificação visual dos impactos foi feita no software ArcGIS (ESRI, 2018). O CHM foi utilizado para avaliar a recuperação da vegetação pela redução das áreas de clareiras, no período de seis anos após a exploração, conforme metodologia proposta por Hunter *et al.* (2015), comparando-se os valores observados para 2014 e 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de sub-bosque afetada pela exploração (Figura 1) corresponde a cerca de 7,47% da área de manejo efetivo avaliada pelo LiDAR (~11,95 ha). Para a caracterização dos impactos, foram identificadas as alterações referentes às trilhas criadas pelo trânsito dos maquinários durante o arraste das toras das árvores derrubadas, as estradas e os pátios de estocagem, resultando em danos correspondentes a 3,67%. A contribuição das diferentes infraestruturas de exploração foram as seguintes: 0,73% de danos para criação da estrada principal; 0,97% para criação de estradas secundárias; 1,57% pelas trilhas de arraste; e 0,41% para os pátios.

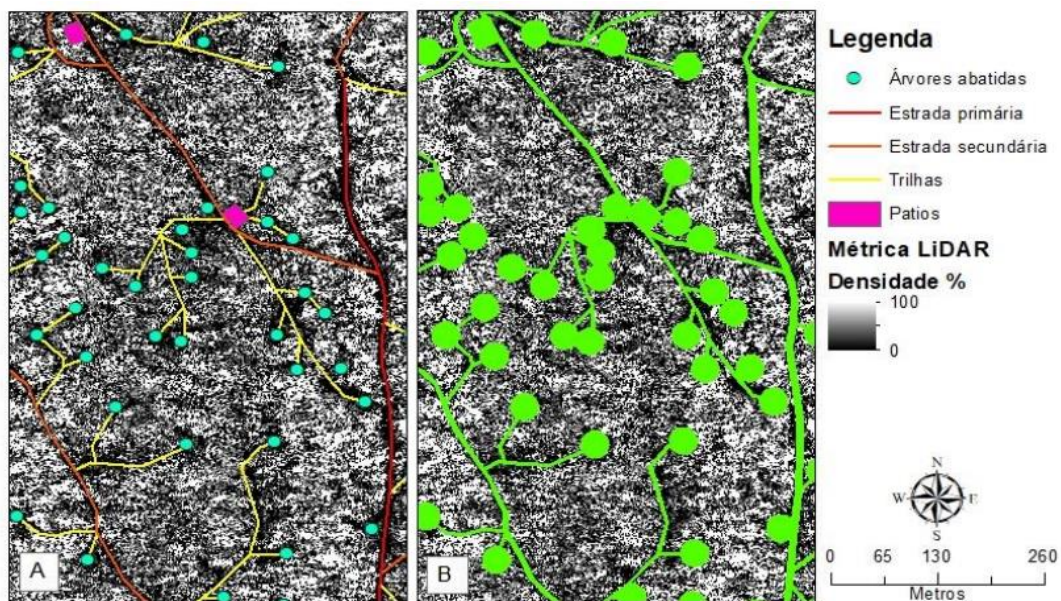


Figura 1. Representação dos modelos de densidade relativa (RDM) de vegetação de um trecho da floresta logo após a exploração, em 2014, na FLONA do Jamari, Rondônia/BR. (A) identificação das infraestruturas de exploração na floresta; e (B) definição das zonas tampão determinada como limite para o impacto provocado pelas operações florestais. Fonte: Pinheiro (2021)

Os outros 3,80% de área afetada correspondeu à abertura de clareiras como resultado do processo de colheita na floresta. O trabalho de Carvalho *et al.* (2017) corrobora com este valor, ao observarem um percentual entre 3,0 e 3,7% de área afetada pelo corte de árvores em uma Unidade de Conservação na Amazônia.

Seis anos após a exploração da área, em 2020, foi possível identificar a reestruturação do dossel (Figura 2). Após a exploração, ainda em 2014, foi observado pelo CHM que 7,36% da área amostrada pelo LiDAR (11,78 ha) foi identificada como área de clareira. Este foi um valor próximo ao avaliado no RDM, reforçando a viabilidade na integração de diferentes técnicas para avaliação da cobertura florestal. Em 2020, seis anos após a exploração, a cobertura vegetal recuperou cerca de dois terços das clareiras abertas, cuja área afetada passou a corresponder a 2,55% da área da UPA avaliada pelo LiDAR (4,08 ha). Portanto, avalia-se que na FLONA do Jamari está ocorrendo uma rápida recuperação da floresta, visto que estão relacionados neste contexto a baixa intervenção na área com a sua capacidade de resiliência.

O Serviço Florestal Brasileiro estabelece que a exploração destas áreas deve resultar num percentual de até 10% de danos com abertura de clareiras (SFB, 2007). Por isso, o impacto causado pela colheita de madeira na UPA 4 em 2014 está dentro do limite estabelecido pelo SFB, indicando o sucesso da concessão desta área, promovendo produtividade de madeira e reestabelecimento da vegetação após o impacto na floresta.

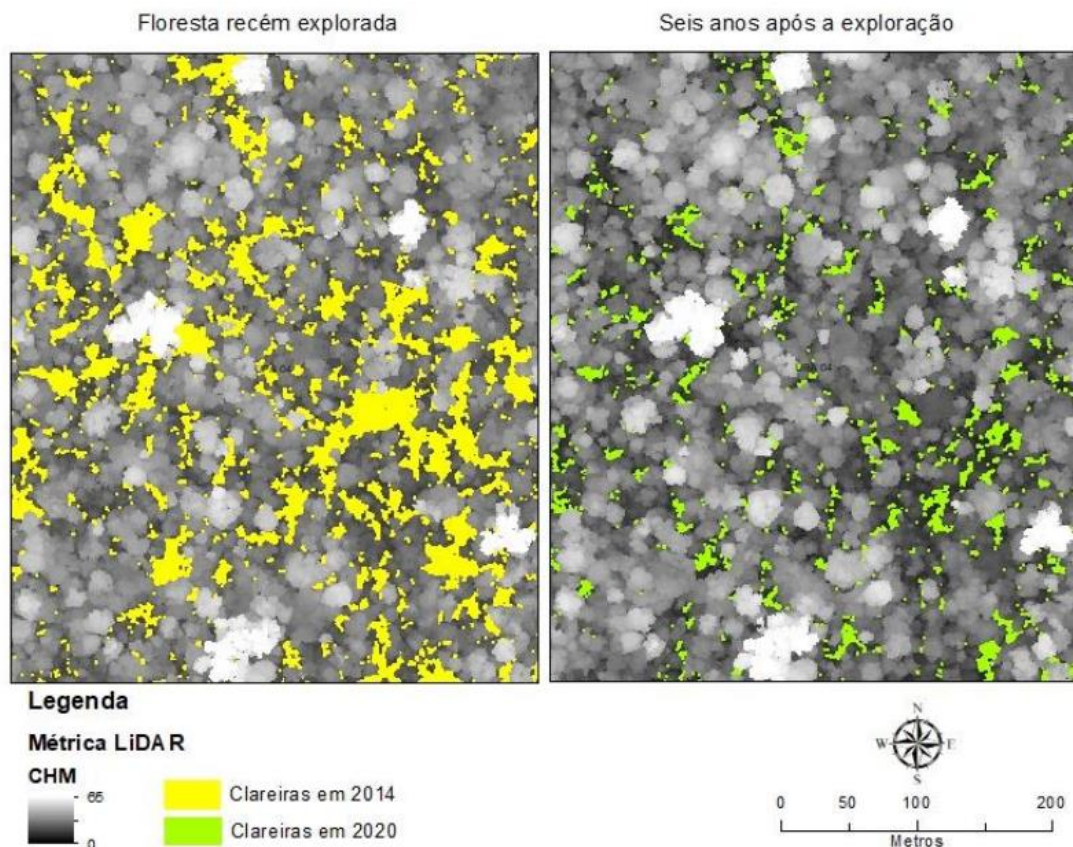


Figura 1. Representação dos modelos de altura do dossel (CHM) para a UPA 4, da UMF III na FLONA do Jamari, Rondônia/BR, com a identificação de clareiras logo após a exploração e seis anos pós-exploratório. Fonte: Pinheiro (2021)

CONCLUSÃO

Os modelos de densidade relativa e de altura do dossel mostraram que houve recuperação do remanescente em seis anos após a exploração. Este cenário reforça o propósito da exploração de baixo impacto em florestas tropicais na tentativa de reduzir os danos causados na vegetação remanescente, uma vez que a atividade florestal e seu efeito sobre a ecologia da floresta estão intimamente ligados ao processo de recuperação da vegetação afetada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, E. C. G.; Sanquetta, C. R.; Corte, A. P. D.; Pelissari, A. L.; Orso, G. A.; Silva, T. C. Global review and state-of-the-art of biomass and carbon stock in the Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 331, e117251, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117251>.
- Carvalho, A. L.; D'Oliveira, M. V. N.; Putz, F. E.; Oliveira, L. C. Natural regeneration of trees in selectively logged forest in western Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 392, p. 36-44, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.049>.
- D'Oliveira, M. V. N.; Figueiredo, E. O.; Papa, D. A. Uso do LiDAR como ferramenta para o manejo de precisão em florestas tropicais. Brasília: Embrapa Acre, 2014. 132p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133882/1/25797.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2023.
- ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10.6. Redlands: ESRI, 2018.
- Fagundes, S. T. S.; Scoti, M. S. V.; Brito Jr., J. F. Dinâmica de espécies da família Burseraceae em área de exploração florestal, Flona do Jamari, RO. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 10, n. 2, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0006>.
- Hunter, M. O.; Keller, M.; Morton, D. C.; Cook, B.; Lefsky, M.; Ducey, M.; Saleska, S.; Oliveira Jr., R. C.; Schiatti, J. Structural dynamics of tropical moist forest gaps. **PLOS ONE**, v. 10, e0132144, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132144>.

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Kazama, V. S.; Corte, A. P. D.; Robert, R. C. G.; Sanquetta, C. R.; Arce, J. E.; Oliveira-Nascimento, K. A.; Dearmond, D. Global review on forest road optimization planning: support for sustainable forest management in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 492, e119159, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119159>.

McGaughey, R. J. FUSION/LDV: Software for LIDAR data analysis and visualization software. Washington: United States Department of Agriculture, Forest Service, 2010.

Pinheiro, A. S. O. **O manejo no âmbito das concessões florestais como instrumento de desenvolvimento sustentável na Amazônia: uma avaliação ambiental**. 2021. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2021.

Rodrigues, M. I.; Souza, A. N.; Joaquim, M. S.; Lustosa Jr., I. M.; Pereira, R. S. Concessão florestal na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p.1299-1308, 2020. <https://doi.org/10.5902/1980509821658>.

Serviço Florestal Brasileiro – SFB. **Edital de licitação para concessão florestal concorrência 01/2007 Floresta Nacional do Jamari - RO**. Brasília: SFB, 2007. 28p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/concessao-florestal/concessoes-florestais-em-andamento-1/copy_of_edital_flonajamari.pdf. Acesso em: 10 Jun. 2023.