

# EVOLUÇÃO DA DEGRADAÇÃO FLORESTAL POR EXPLORAÇÃO MADEIREIRA E DESMATAMENTO DE 2007 A 2019 NO MUNICÍPIO DE BOCA DO ACRE, AMAZONAS

Teule Lemos Branco<sup>1</sup>, Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça<sup>2</sup>, Aurora Miho Yanai<sup>2</sup>, Beatriz Figueiredo Cabral<sup>2</sup>, Débora Joana Dutra<sup>1</sup>, Liana Oighenstein Anderson<sup>1</sup>, Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão<sup>3</sup> e Philip Martin Fearnside<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - teulemos@gmail.com, ddutra.ambiental@gmail.com e liana.anderson@cemaden.gov.br; <sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - pmlag@inpa.gov.br; yanai@inpa.gov.br; beatriz.figueiredocabral@gmail.com e pmfearn@inpa.gov.br; <sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - luiz.aragao@inpe.br

## RESUMO

Boca do Acre constitui uma nova fronteira de expansão madeireira, ocupando o quarto lugar no estado do Amazonas áreas de exploradas. O objetivo deste estudo foi analisar a evolução da atividade madeireira e do desmatamento no período de 2007 a 2019 em Boca do Acre. Para isso, utilizamos a imagem-fração solo obtida pelo Modelo Linear de Mistura Espectral para mapear a exploração madeireira ao longo da série temporal por interpretação visual. Estes mapas foram integrados ao MapBiomias para analisar o desmatamento, incluindo áreas exploradas por corte raso. Cerca de 2,4% da floresta primária teve exploração madeireira até 2019. Observamos que a pressão da atividade madeireira vem do estado do Acre, por onde é possível acessar as florestas através das estradas existente. A crescente pressão sobre a floresta, fundamental para a manutenção da biodiversidade e do clima, demanda a intensificação das ações de fiscalização para conter o avanço da degradação florestal.

**Palavras-chave** — corte seletivo, monitoramento, Amazonas, sensoriamento remoto.

## ABSTRACT

*Boca do Acre constitutes a new frontier for the expansion of logging activity, occupying fourth place in the state of Amazonas of exploited areas. The objective of this study was to analyze the evolution of logging activity and deforestation from 2007 to 2019 in Boca do Acre. For this, we used the soil fraction image obtained by the Linear Spectral Mixture Model to map logging along the time series through visual interpretation. These maps were integrated with MapBiomias to analyze deforestation, including logged areas converted to deforestation. About 2.5% of the primary forest was converted to logging by 2019. We observe that the pressure from logging comes from the state of Acre, where it is possible access the forests in the municipality through the existing road. The growing pressure on the forest, which is fundamental for the maintenance of biodiversity and the climate, makes it necessary actions of law enforcement to be intensified to contain forest degradation.*

**Keywords** — selective logging, monitoring, Amazonas, remote sensing.

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade de madeireira, principalmente, aquela realizada de forma predatória é um dos principais processos para a degradação da floresta amazônica. A exploração florestal causa danos às árvores remanescentes, a vegetação do sub-bosque, impacta o solo, os processos hidrológicos, o estoque de carbono, a fauna e aumenta a susceptibilidade da floresta a incêndios. [1, 2, 3]. Além do mais, a atividade madeireira pode contribuir para amplificar a severidade dos incêndios florestais [4].

Atualmente, estima-se que uma área entre 370 mil a 650 mil hectares de floresta necessita ser exploradas anualmente para suprir a demanda atual de produção de madeira na Amazônia [5]. O volume de madeira em tora produzido no município de Boca do Acre aumentou consideravelmente entre 2007 e 2019 (2.922 m<sup>3</sup> para 76.000 m<sup>3</sup> de toras de madeira) [6]. No período de 2020 a 2021, Boca do Acre ocupou o quarto lugar no estado do Amazonas em extensão de área de exploração madeira [7].

A exploração madeireira também tem sido apontada como uma atividade indutora do desmatamento na Amazônia, estando intimamente ligada ao avanço da fronteira agrícola. A venda de madeira é utilizada para financiar a expansão da atividade agropecuária na região [8].

O monitoramento da degradação florestal por meio de imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto oferece a oportunidade de acompanhar a evolução espaço-temporal das atividades humanas que impactam negativamente a floresta amazônica, tal como, a atividade madeireira [9]. Neste contexto, o presente estudo analisou a evolução espaço-temporal da atividade madeireira e do desmatamento no município de Boca do Acre, no período de 2007 a 2019.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A área de estudo é o município de Boca do Acre, considerando uma área de influência externa (*buffer* de 25

km), totalizando 2.195.273,88 ha. Boca do Acre localiza-se no sudoeste do estado do Amazonas, fazendo fronteira com os municípios de Manoel Urbano, Sena Madureira, Bujari, Porto Acre e Senador Guimard no estado do Acre, e os municípios Lábrea e Pauini no estado do Amazonas. A atividade que mais contribui para a economia local é a de serviços, seguido pela agropecuária [6]. As áreas protegidas em Boca do Acre são: Flona de Mapiá-Inauini, RESEX do Arapixi, as Terras Indígenas Igarapé Capanã, Inauini/Teuini, Boca do Acre, Apurinã e Camicua.

## 2.2. Dados de Satélite

As imagens utilizadas foram provenientes do TM Landsat-5 (2007 a 2011); e OLI Landsat-8 (2013 a 2019). Para o ano de 2012, utilizou-se o sensor LISS III Resourcesat-1. As imagens abrangem o intervalo mensal de junho a novembro, relativo ao período seco e com menor cobertura de nuvens. Foram utilizadas também informações auxiliares de desmatamento do PRODES [10] e mapas de uso e cobertura da terra do projeto MapBiomias [11].

Uma imagem de alta resolução do ano de 2021 foi utilizada para definir a área de influência dos pátios da exploração madeireira, sendo ela proveniente do Basemap das imagens normalizadas da constelação de satélites da Planet.

## 2.4. Modelo Linear de mistura espectral

O modelo linear de mistura espectral (MLME) foi utilizado de forma que a resposta espectral de cada pixel, em qualquer comprimento de onda, é a combinação linear das respostas de cada *endmember* (pixel puro), como mostra a Equação 1 abaixo:

$$r_i = \sum_{j=1}^M a_{ij} s_j + e_i \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que,  $r_i$  é a refletância espectral do pixel para a  $i$ -ésima banda espectral;  $a_{ij}$  a refletância espectral do  $j$ -ésimo componente o pixel para a  $i$ -ésima banda espectral;  $s_j$  o valor do  $j$ -ésimo componente do pixel,  $e_i$  o erro para a  $i$ -ésima banda espectral;  $j$  e número inteiro de *endmember* considerados no pixel e  $i$  número inteiro de bandas espectrais do sensor.

Os *endmembers* foram selecionados da própria imagem, sendo estes: sombra, vegetação e solo.

## 2.4. Mapeamento da extração madeireira

Para realizar o mapeamento da degradação florestal pela exploração madeireira, foi utilizada a imagem-fração solo do MLME, por meio da interpretação visual das infraestruturas de exploração (pátios e trilhas de arraste), que se destacam na imagem. Para isso, foi aplicada uma máscara de floresta, a partir dos dados do PRODES, para que apenas as áreas de florestas primárias fossem visualizadas. Estabeleceu-se um limiar na imagem-fração solo de 0,23, para destacar os *pixels* com solo exposto. Desta forma, foi possível obter os polígonos (vetorial), relativos às áreas de solo exposto

correspondentes ao padrão da exploração madeireira pela presença de pátios e trilhas de arraste para realizar o corte seletivo e transporte das toras de madeira (Figura 1).

A área de influência de cada pátio e trilhas de arraste foi definida a partir da identificação dos pátios na imagem da Planet. Para isso, foram mapeados 100 pátios em diferentes locais de corte seletivo e realizado um cálculo da distância média entre os pátios vizinhos, chegando a um valor 240 metros. Esse valor foi utilizado para criar uma área de influência ao redor dos polígonos identificados como pátios e estradas para delimitar a área de exploração madeireira.

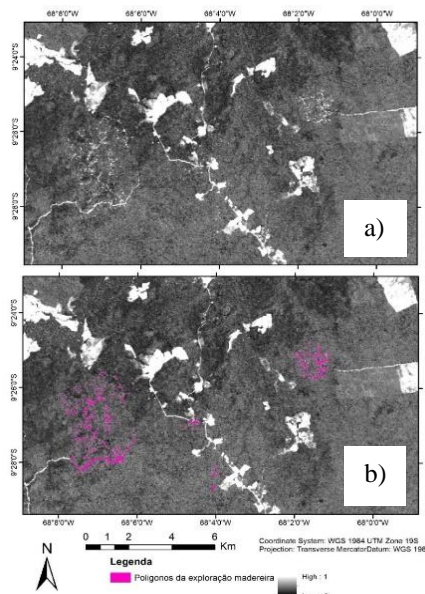


Figura 1. Imagem-fração solo de um local da área de estudo com presença de exploração madeireira (a); Imagem-fração solo com os polígonos representando as infraestruturas de exploração (b).

## 2.4. Validação do mapeamento

Devido a extensão da área de estudo (2.195.273,88 ha) não foi possível realizar uma validação abrangente do mapeamento a partir de dados de coletados em campo. Apesar de que em algumas das áreas exploradas puderam ser observadas durante as campanhas de campo em Boca do Acre em 2021. Dessa forma, a análise da exatidão do mapeamento deverá ser realizada posteriormente a partir de imagens com altíssima resolução espacial (até 1 m) como referência terrestre.

## 2.5. Mapas de uso e cobertura da terra

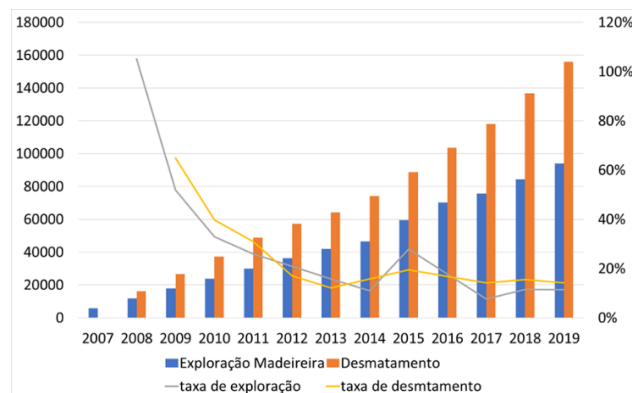
Para um maior detalhamento do uso e cobertura da terra em Boca do Acre, os mapas da exploração madeireira foram integrados às informações do MapBiomias. Assim, os mapas de uso e cobertura da terra foram elaborados com as classes: Floresta Primária; Não Floresta (área desmatada antes de 2007 e outras feições não florestais); Desmatamento; Exploração Madeireira; Recorrência da Exploração Madeireira e Desmatamento na exploração madeireira. Foram produzidos mapas anuais das áreas de exploração

madeira e desmatamento ao longo do período de 2007 e 2019.

## 2. RESULTADOS

Em 2007 foram mapeados 5.754,0 ha de exploração madeira, e em 2019 esse valor alcançou 93.874,2 ha, um aumento de mais 16 vezes em 12 anos. Assim, 2,4% da floresta primária foram convertidas para exploração madeira neste período. Apenas em 2019, foram mapeados 39.938,2 ha de exploração madeira em Boca do Acre.

O ano de 2008 apresentou a maior taxa de crescimento anual da exploração (105%), apresentando uma tendência de redução até o ano de 2017, sendo que em 2015 houve um pequeno pico de crescimento alcançando uma taxa de 28%, seguido de uma queda até 2017 (6%), e posterior aumento alcançando 11% em 2019 (Figura 2). Algumas áreas de exploração foram mapeadas em mais de um ano e em 2019 a área mapeada foi de 28.622,34 ha, 30 % da área explorada total e correspondente à 0.8% da floresta no ano inicial.

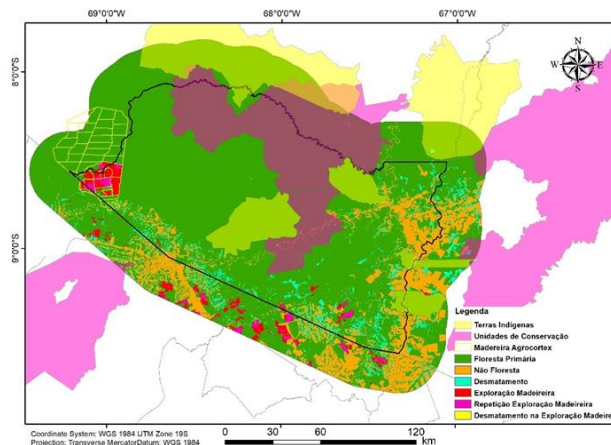


**Figura 2. Extensão da área total acumulada (ha) de exploração madeira e desmatamento (barras) de 2007 a 2019 e as taxas de crescimento (%) por ano para a exploração madeira e desmatamento (linhas)**

Ao longo dos 12 anos foram estimados 156.054,7 ha de floresta primária desmatadas (4,3% da floresta no ano inicial), sendo que apenas 1.219,7 ha foram em áreas de exploração madeira (0,03% da floresta inicial). A taxa de crescimento do desmatamento se inicia no ano de 2009, já que esta classe só é computada a partir do ano de 2008, na qual apresenta maior valor da série (65%). A taxa de crescimento do desmatamento também diminuiu ao longo do tempo, assim como a taxa de exploração. Em contraponto, a extensão da floresta sem exploração que foi desmatada apresentou os maiores valores nos últimos dois anos, chegando a 18.164 ha em 2018 e 19.259 ha em 2019.

O desmatamento nas áreas de área de exploração foi consideravelmente menor do que o desmatamento da floresta sem exploração em todos os períodos. Os maiores valores de aumento do desmatamento nas áreas exploradas ocorreram nos últimos 5 anos, sendo o maior em 2018 (242 ha).

A maior parte das áreas de exploração madeira estão dentro da região de influência (*buffer* 25 km) ao sul do município de Boca do Acre (Figura 3).



**Figura 3 - Mapa da exploração madeira e desmatamento acumulados até 2019 com sobreposição de Unidades de Conservação e Terras Indígenas.**

Isto indica que a pressão para esse tipo de atividade exploratória vem do estado do Acre, justamente, por onde é possível acessar as florestas primárias do município por meio da estrutura viária existente. As áreas de exploração que ocorrem dentro do município, estão localizadas na fronteira estadual no sudeste e oeste. Na parte oeste, é possível observar a grande área de manejo florestal da Agrocoortex, responsável pela maioria da exploração madeira em Boca do Acre. Por sua vez, as áreas protegidas atuam com barreiras ao desmatamento e a exploração madeira, com baixa presença dessas atividades nessas áreas.

## 3. DISCUSSÃO

O aumento da exploração madeira a partir de 2015 na área de estudo está associado a execução do Plano de Manejo das Madeiras do Acre (Agrocoortex), que corresponde a uma grande área privada de corte seletivo no município de Boca do Acre, Pauini (AM) e Manoel Urbano (AC). Esta área teve autorização de exploração do IBAMA em 2014, para explorar 186.000 ha de floresta com uma produção anual de 110.000 m<sup>3</sup>/toras de espécies florestais, incluindo o Mogno [12].

Mesmo a maioria das áreas de exploração não sejam desmatadas, a estrutura florestal é modificada com o corte seletivo e os impactos de compactação dos solos por conta das estradas e pátios elevam o nível de degradação das florestas primárias [13]. O fato de o desmatamento em áreas de exploração madeira ser consideravelmente menor que o desmatamento nas áreas sem exploração, pode estar relacionado ao fato de que a maioria dessas áreas são áreas de exploração legal com Plano de Manejo Sustentável.

Apesar da taxa de crescimento do desmatamento diminuir ao longo dos primeiros anos, a área desmatada anualmente aumentou nos últimos cinco anos. Isto pode estar atrelado às



medidas e ações governamentais ineficazes ou enfraquecidas, como fiscalização ambiental e políticas públicas inadequadas. O sudoeste da Amazônia, onde está localizado o município de Boca do Acre, tem sofrido grandes pressões oriundas do estado de Rondônia e do Acre, que ocorrem pela expansão da fronteira agrícola atreladas ao arco do desmatamento [14].

O município de Boca do Acre é caracterizado como uma nova frente de desmatamento, no qual teve um decréscimo no desmatamento de 2004 até 2012, aumentando rapidamente após esse período. Além disso, em 2013 o desmatamento na nova fronteira ultrapassou aquele da antiga fronteira (em grande parte áreas rurais com menor densidade populacional e próximas à centros urbanos), sugerindo transições de uso e cobertura da terra mais recentes para a nova fronteira, como observado por Silva e Pereira [15].

O desmatamento ocorreu principalmente nas bordas da floresta primária, que são os locais em que há maior facilidade para a supressão da vegetação nativa. O desmatamento e a exploração madeireira estão distribuídos na região sul da área de estudo, na fronteira com o estado do Acre, indicando a influência do estado vizinho nas dinâmicas de uso e cobertura da terra em Boca do Acre. Além disso, o município de Lábrea (AM) que tem histórico de desmatamento de grandes áreas também exerce influência na porção leste de Boca do Acre [16].

Poucos polígonos de desmatamento e exploração madeireira foram observados dentro das áreas protegidas, mostrando que a presença desses territórios é importante para preservação da floresta primária e suas comunidades tradicionais.

## 5. CONCLUSÕES

O mapeamento ao longo de 12 anos da exploração madeireira em Boca do Acre identificou grandes áreas de corte seletivo de madeira, sendo a maioria delas realizadas com Plano de Manejo Sustentável. Boca do Acre apresenta uma extensa área de floresta ainda preservada, grande parte em unidades de conservação e das terras indígenas. Apesar disso, existe uma pressão sobre as florestas intactas, principalmente, na fronteira com o estado do Acre. Muitas áreas de exploração madeireira começaram a existir nos últimos 5 anos (2015-2019), e suas extensões são consideravelmente grandes. A crescente pressão sobre a floresta primária, de grande importância para a manutenção da biodiversidade e do clima, faz com que seja necessário que o poder público amplie o investimento em ações de fiscalização para conter e evitar a degradação proveniente da exploração madeireira ilegal.

## 6. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela FAPESP, projeto nº 2020/08916-8, e FAPEAM, projeto nº 102016301000289/2021-33.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] A.R. Holdsworth, & C. Uhl, Fire in Amazonian Selectively Logged Rain Forest and the Potential for Fire Reduction. *Ecological Applications*, v.7, p. 713-725. 1997.
- [2] J. S. Johns, P. Barreto, C. Uhl, Logging damage during planned and unplanned logging operations in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 89, p. 59-77. 1996
- [3] E. Berenguer, J. Ferreira, T.A. Gardner, et al., A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Glob Change Biol.*, v. 20, p. 371-372. 2014
- [4] P. E. Barni, A. C. M. Rego, F. C. F. Silva, et al., Logging Amazon forest increased the severity and spread of fires during the 2015–2016 El Niño. *Forest Ecology and Management*, v. 500, 2021, doi: 10.1016/j.foreco.2021.119652.
- [5] A. P. Valdiones, B. Cardoso, C. Damasceno, C. G. Koury et al. *A Evolução do setor madeireiro na Amazônia entre 1980 e 2020 e as oportunidades para o seu desenvolvimento inclusivo e sustentável na próxima década*. Imazon: Imaflora: ICV: IDESAM, Belém, PA, 2022.
- [6] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. *IBGE Cidades*. [S. l.: s. n.], 2022. Available at: <https://cidades.ibge.gov.br/>. (acessado 14 Mar. 2022).
- [7] IMAZON, Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira (Simex): Mapeamento da exploração madeireira no Amazonas – Agosto 2020 a Julho 2021, 2022. <https://imazon.org.br/publicacoes/sistema-de-monitoramento-da-exploracao-madeireira-simex-mapeamento-da-exploracao-madeireira-no-amazonas-agosto-2020-a-julho-2021/> (acessado 13 Out. 2022).
- [8] A. Veríssimo, C. Uhl, M.M. Mattos, Z. Brandino, Z., I. Viera, Impactos Sociais, Econômicos e Ecológicos da Exploração Seletiva de Madeiras numa Região de Fronteira na Amazônia Oriental: O Caso de Tailândia. *Pará Desenvolvimento*, n.25, p. 95-116. 1989.
- [9] T.F. Pinheiro, M.I.S. Escada, D.M. Valeriano, P. Hostert, F. Gollnow, & H. Müller. Forest Degradation Associated with Logging Frontier Expansion in the Amazon: The BR-163 Region in Southwestern Pará, Brazil, *Earth Interactions*, v. 20, p. 1-26. 2016.
- [10] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES). 2022.
- [11] C. H. L. Silva Jr., V. H. A. Heinrich, A. T. G. Freire, I. S. Broggio, T.M. Rosan, J. Doblaz, L. O. Anderson, G. X. Rousseau, Y. E. Shimabukuro, C. A. Silva, J. I. House, L. E. O. C. Aragão., Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. *Scientific Data*, vol. 7, no. 1, p. 1-9, 2020.
- [12] AGROCORTX. Resumo público do Plano de Manejo Florestal Sustentado Fazenda Seringal Nova Macapá. 2018.
- [13] A. Veríssimo, P. Barreto, M. Mattos, R. Tarifa, C. Uhl, Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest ecology and management*, vol. 55 no. 1-4, p. 169-199, 1992.
- [14] C. S. M. N. Vitel, P. M. Fearnside, P. M. L. A. Graça, Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte Sudoeste do Arco de desmatamento. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, p. 6377-6384. 2009
- [15] J. Schielein, J. Börner. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. *Land use policy*, vol. 76, p. 81-94.2018.
- [16] K. E. Silva & K. P. Pereira, Alterações na cobertura vegetal natural dos municípios do Sul do Amazonas. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, p. 1667-1671. 2005.