

**The text that follows is a REPRINT**  
**O texto que segue é uma SEPARATA**

Please cite as:

Favor citar como:

Cabral, B.F., A.M. Yanai & P.M. Fearnside. 2023.

**Padrões e trajetórias do  
desmatamento no município de  
Lábrea, sul do Amazonas. XX**

*Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto  
(SBSR), 2 a 5 de abril de 2023, Florianópolis,*

*SC.* Vol. 20: 761-764. Art. 155694. Eds. D.F.M. Gherardi, I. Del'Arco  
Sanchez & L.E.O.C. de Aragão. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),  
São José dos Campos, SP. [https://proceedings.science/sbsr-  
2023/trabalhos/padrees-e-trajetorias-do-desmatamento-no-municipio-de-  
labrea-sul-do-amazonas?lang=pt-br](https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/padrees-e-trajetorias-do-desmatamento-no-municipio-de-labrea-sul-do-amazonas?lang=pt-br)

ISBN: 978-65-89159-04-9

Copyright: INPE

*The publication is available at:*

*A publicação está disponível em:*

[https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/padrees-e-trajetorias-do-desmatamento-no-  
municipio-de-labrea-sul-do-amazonas?lang=pt-br](https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/padrees-e-trajetorias-do-desmatamento-no-municipio-de-labrea-sul-do-amazonas?lang=pt-br)

## PADRÕES E TRAJETÓRIAS DO DESMATAMENTO NO MUNICÍPIO DE LÁBREA, SUL DO AMAZONAS

Beatriz Figueiredo Cabral<sup>1</sup>, Aurora Miho Yanai<sup>2</sup>, Philip Martin Fearnside<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA Av. André Araújo n° 2936, CEP 69067-375, Manaus, Amazonas, Brasil, beatriz.figueiredocabral@gmail.com; yanai@inpa.gov.br e pmfearn@inpa.gov.br

### RESUMO

Os padrões e trajetórias do desmatamento fornecem informações que permitem uma compreensão dos processos de ocupação e da dinâmica do desmatamento na Amazônia. Este entendimento contribui para o desenvolvimento de políticas públicas para conter o avanço da fronteira do desmatamento. Analisamos os padrões e trajetórias de desmatamento até 2021 em Lábrea, sul do Amazonas. Os polígonos de desmatamento de 2008 a 2021 foram classificados com base na tipologia de ocupação definida para a região utilizando grades celulares com resolução 10 km através do *software* GeoDMA (*Geographical Data Mining Analyst*). Os resultados indicaram que o padrão difuso é predominante em Lábrea. Os padrões associados aos níveis mais avançados de ocupação foram os que mais contribuíram para o desmatamento (consolidado e multidirecional). A trajetória observada mostrou que o desmatamento na parte sul do município está em consolidação e que a expansão do desmatamento avança da porção sul para a central sobre as áreas protegidas.

**Palavras-chave** — arco do desmatamento, tipologia de ocupação, fronteira agropecuária, Amazônia.

### ABSTRACT

*Deforestation patterns and trajectories provide information that allows an understanding of occupation processes and the dynamics of deforestation in the Amazon. This understanding is needed for development of public policies to contain the advance of the deforestation frontier. We analyzed deforestation patterns and trajectories up to 2021 in Lábrea, in the southern part of Amazonas. Deforestation polygons from 2008 to 2021 were classified based on the typology of occupation defined for the region using cellular grids with 10 km resolution using the GeoDMA (Geographical Data Mining Analyst) software. The results indicated that the diffuse pattern is predominant in Lábrea. The patterns associated with the most advanced levels of occupation were the ones that contributed most to deforestation ("consolidated" and "multidirectional"). The observed trajectory showed that deforestation in the southern part of the municipality is consolidating, and that deforestation is advancing from the southern portion to the central portion and is occurring in protected areas.*

**Key words** — arc of deforestation, occupation typologies, agricultural frontier, Amazon.

### 1. INTRODUÇÃO

O município de Lábrea, localizado no sul do estado do Amazonas, é uma das principais regiões com intensa perda de floresta nos últimos anos [1]. Segundo o Sistema de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa (SEEG), Lábrea foi o quarto município que mais contribuiu na emissão de gases do efeito estufa no Brasil em 2019 [2]. Neste mesmo ano, a área desmatada no município foi de aproximadamente 381,8 km<sup>2</sup>, atingindo em 2021 uma área equivalente a 540,2 km<sup>2</sup> [3]. O processo de ocupação em Lábrea apresenta um contexto histórico marcado por intensos conflitos fundiários [4], relacionados com a ocupação ilegal e desordenada, expansão da agropecuária, a pesca e caça predatória, a extração ilegal de madeira e sobreposição de imóveis rurais em áreas protegidas [5].

Neste contexto, o uso de técnicas de mineração de dados possibilita analisar os polígonos de desmatamento do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) [3], através de métricas de paisagem [6] (i.e., medidas que abordam características do objeto como área, forma e o arranjo espacial) que definem os padrões [7] e trajetórias [8] de desmatamento que podem ser associados aos diferentes atores e estágios de ocupação. Assim, este estudo se propôs a identificar os padrões e as trajetórias do desmatamento no município de Lábrea de 2008 a 2021.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Lábrea, localizado na mesorregião sul do estado do Amazonas, distado 856 km da capital Manaus, na divisa entre os estados de Rondônia e Acre (Figura 1).

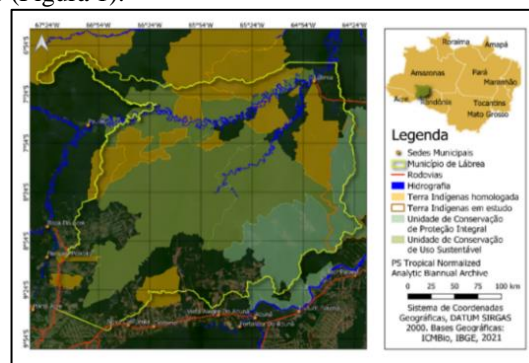


Figura 1. Mapa de localização de área de estudo, município de Lábrea-AM.

Lábrea possui uma extensão territorial de aproximadamente 68 mil km<sup>2</sup>, sendo cerca de 80% destinada às áreas protegidas: 17 terras indígenas (TIs) e quatro unidades de conservação (UCs). A cobertura vegetal de Lábrea é constituída, predominantemente, por floresta ombrófila densa de terras baixas [9]. Os solos são classificados como Latossolos, Argissolos, Plintossolos e, em áreas próximas aos rios, Gleissolos [10].

### 2.2. Classificação dos padrões e trajetórias do desmatamento

Os dados do desmatamento acumulado foram obtidos a partir dos mapas vetoriais do PRODES [3] para os anos de 2008, 2013, 2017 e 2021. Esses intervalos foram selecionados a fim de analisar os diferentes padrões de ocupação nos períodos em que previamente foram observadas dinâmicas distintas de desmatamento. Um *buffer* de 10 km do município de Lábrea foi aplicado para evitar possíveis perdas de informações em relação aos padrões de desmatamento causadas pelo efeito de borda nos limites do município. Através de uma análise espacial exploratória dos polígonos de desmatamento e de padrões descritos na literatura [11, 12], uma tipologia de ocupação foi definida para a área de Lábrea (Tabela 1).

Padrões de desmatamento	Descrição
<b>Floresta</b> 	Ausência de manchas de desmatamento. Não são observados padrões de ocupação.
<b>Difuso</b> 	Pequenas manchas isoladas com baixa a média densidade, distribuídas uniformemente. Está relacionado à ocupação espontânea inicial distribuída nas margens dos rios, em áreas de garimpo e onde se encontram os pequenos produtores.
<b>Linear</b> 	Manchas unidirecionais alongadas e contínuas. Está relacionado à ocupação inicial distribuída ao longo de estradas.
<b>Geométrico</b> 	Pequenas e médias manchas de geometria regular. Representam estágio inicial a intermediário de ocupação por médios e grandes produtores.
<b>Espinha de Peixe</b> 	Manchas alongadas e ramificadas ao longo de ramais, com aparência semelhante ao esqueleto de um peixe. Representam estágio intermediário de ocupação de pequenos e médios produtores rurais, como também áreas destinadas à projetos de assentamento.
<b>Multidirecional</b> 	Grandes e médias manchas multidirecionais de geometria irregular. Representam estágio intermediário a avançado de ocupação desordenada.
<b>Consolidado</b> 	Grandes manchas sem forma definida. Possui alta densidade de desmatamento com pouco ou quase nenhum fragmento de floresta.

Tabela 1. Tipologia dos padrões de desmatamento associados à ocupação humana para o município de Lábrea (branco = floresta, cinza = desmatamento).

Para classificar os padrões de desmatamento foi aplicada uma técnica de mineração de dados espaciais através do *plugin Geographical Data Mining Analyst (GeoDMA)* [13], um classificador desenvolvido para o programa TerraView versão 5.6.1 [14]. Neste estudo, os polígonos de desmatamento foram analisados em um contexto celular utilizando grades de tamanho de 10 × 10 km. O processo de classificação realizado pelo GeoDMA consistiu nas seguintes etapas: 1) extração das métricas de paisagem dos polígonos de desmatamento dentro das células 10 × 10 km; 2) coleta de um único conjunto de amostras de treinamento para as classes de desmatamento; 3) classificação dos padrões de desmatamento utilizando o algoritmo de árvore de decisão C5.0 [15] (Figura 2); 4) avaliação dos resultados obtidos a partir da matriz de confusão gerada para as amostras de treinamento e de validação de células coletadas para cada ano, obtendo-se, valores de coeficiente Kappa variando de 0,74 a 0,92.

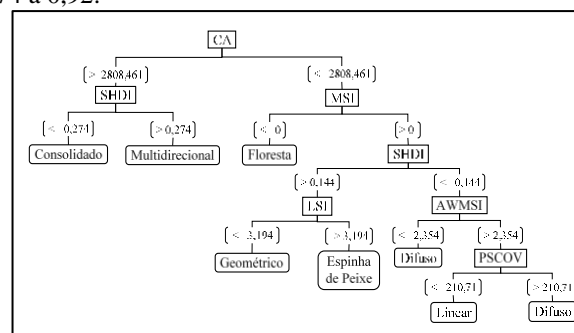


Figura 2. Árvore de decisão para os padrões de desmatamento em Lábrea (grade celular de 10 km × 10 km). CA= Class Area, SHDI= Shannon’s Diversity Index, MSI=Mean Shape Index, LSI=Land Shape Index, AWMSI=Area-Weighted Mean Shape Index, PSCOV= Patch Size Coefficient of Variation.

A partir dos resultados da classificação dos padrões foram obtidas as trajetórias do desmatamento para o ano de 2021 em relação a 2008. As trajetórias foram divididas em “mudança” e “não mudança” [8]. As trajetórias de mudança se referem as células que tiveram seus padrões alterados ao longo dos anos, dividindo-se em: “Expansão”, quando inicialmente (2008) as células eram floresta e em 2021 foram classificadas com padrões de níveis iniciais a intermediários (i.e., difuso, linear, geométrico e espinha de peixe); e “Consolidação”, representadas por todas as células que em 2008 apresentavam uma ocupação inicial ou intermediária e no último ano avançaram para os padrões multidirecional e consolidado. As células com o mesmo padrão de 2008 a 2021 foram classificadas em trajetórias de “não mudança” de acordo com o padrão de desmatamento observado, sendo eles: “Difuso” (i.e., permanência do padrão difuso), “Consolidado” (i.e., permanência do padrão consolidado) e “Outros”, representando a não mudança dos padrões multidirecional, espinha de peixe, geométrico e linear.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Análise dos padrões de desmatamento

O padrão difuso (i.e., ocupação em estágio inicial) e a classe floresta se concentraram, em sua maioria, na porção central de Lábrea (Figura 3). A porcentagem de células classificadas como difuso ultrapassou a classe floresta, sendo o padrão predominante na região, representando 37,1% de todas as células da área de estudo em 2021, porém, contribuindo apenas com 3,3% do desmatamento.

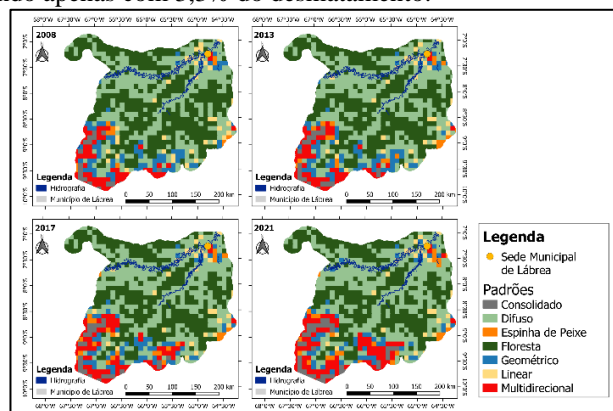


Figura 3. Mapa final dos padrões de desmatamento para 2008, 2013, 2017 e 2021 de Lábrea-AM.

Em contrapartida, os padrões multidirecional e consolidado, que representam estágios avançados de ocupação, ocorreram principalmente na região sul do município de Lábrea. Embora os padrões consolidado e multidirecional tenham apresentado uma menor porcentagem de células quando comparado ao padrão difuso, estes padrões aumentaram ao longo dos anos, representando juntos 82,5% da área desmatada em 2021.

### 3.2. Análise das trajetórias de desmatamento

As células que apresentaram trajetórias de mudança (i.e., consolidação e expansão) estão localizadas na região sul (consolidação) e central (expansão) de Lábrea e, apesar da baixa frequência em relação as demais, representaram 43,6% do desmatamento em 2021 (Figura 4).

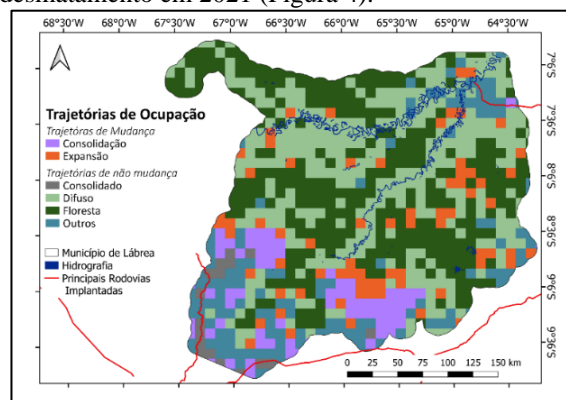


Figura 4. Mapa final das trajetórias de desmatamento de 2008 a 2021 de Lábrea-AM.

As células que mantiveram o padrão difuso (sem mudança) ao longo dos anos apresentaram a maior frequência com 50,2% do total de células de Lábrea. O padrão difuso é

caracterizado por áreas de ocupação inicial, portanto, apesar da alta frequência observada, este padrão apresentou a menor proporção de área desmatada (3,3%). As células classificadas como “outros” compreenderam 22,7% da área de estudo. Esta trajetória de não mudança foi responsável por 37,8% do desmatamento em Lábrea.

## 4. DISCUSSÃO

Ao comparar os resultados obtidos para as classificações dos padrões de desmatamento observados em Lábrea com os padrões observados para toda a Amazônia Legal utilizando grades celulares com resolução de  $50 \times 50$  km [16], verifica-se que existem semelhanças, tais como, os padrões geométrico e multidirecional concentrados na porção sul de Lábrea e a presença do padrão difuso distribuído na região. No entanto, em Maurano et al. [16] o padrão consolidado não foi observado em Lábrea, o que se explica a perda de certos padrões em escalas maiores [17] e portanto, a importância de análises de padrões e trajetórias do desmatamento a nível de município para entendermos de forma mais detalhada as dinâmicas locais e como se dá o avanço da fronteira do desmatamento em importantes áreas *hotspots* do desmatamento como no caso de Lábrea.

O padrão geométrico localiza-se próximo às áreas com estágios avançados de ocupação (i.e., multidirecional e consolidado) e são característicos de ocupações por médios e grandes produtores rurais, tendo como atividade principal a pecuária [11, 18].

Durante os períodos analisados, os padrões com estágios avançados de ocupação multidirecionais e consolidados localizaram-se principalmente na região sul de Lábrea, constituindo-se a trajetória de consolidação. A dinâmica observada nessas regiões parece demonstrar a influência das estradas como vetores para o avanço do desmatamento sob novas áreas, visto que parte das células classificadas com a trajetória expansão se concentraram próximas às trajetórias de consolidação (Figura 4) [19]. Esta expansão pode indicar um processo de avanço do desmatamento sobre as demais áreas do município no sentido sul para a porção central, caso medidas de controle não sejam tomadas.

O padrão difuso foi predominante em Lábrea, e se concentrou, principalmente, na região central do município onde estão localizadas as Unidades de Conservação. Nesta região, também houve a presença da trajetória difuso (i.e., permanência do padrão difuso durante o período analisado) demonstrando o efeito das áreas protegidas na contenção do desmatamento, impedindo que padrões que podem ser associados às ocupações em estágios iniciais evoluíssem para estágios mais avançados de ocupação e desmatamento [20].

Por fim, as causas para consolidação e expansão do desmatamento nessa região são várias, sendo elas: desmonte das políticas ambientais [21], aumento dos conflitos no campo, enfraquecimento da fiscalização ambiental [22], grilagem de terras [23] e proximidade com rodovias e áreas de alta pressão do desmatamento [24]. Assim, estudos que aprofundem a relação das dinâmicas de ocupação observadas neste estudo

com variáveis econômicas, sociais e ambientais podem contribuir para definir ações estratégicas para frear o desmatamento que avança sobre as áreas de floresta no município de Lábrea.

## 5. CONCLUSÕES

O território de Lábrea é constituído predominantemente pelas classes floresta e padrão de desmatamento difuso, que se concentram em áreas protegidas. Os padrões que apresentaram maior contribuição para a área desmatada foram o multidirecional e consolidado. A trajetória de não mudança constituída pelo padrão difuso prevaleceu na área de estudo, enquanto a trajetória consolidação, apesar de sua menor frequência, correspondeu a maior área desmatada no município. Próximo à estas trajetórias foram identificadas zonas de expansão que avançam da região sul sobre novas áreas ao norte de Lábrea. A análise de padrões e trajetórias de desmatamento contribuiu no entendimento sobre como e onde o desmatamento avança e indica potenciais fatores responsáveis por essa dinâmica. Esse entendimento é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas com foco na conservação e proteção de florestas em Lábrea e outras regiões *hotspot* do desmatamento na Amazônia.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] A. Alencar, P. Moutinho, V. Arruda, & D. Silvério, “O fogo e o desmatamento em 2019 e o que vem em 2020,” Nota técnica nº3. Brasília, 2020. Acessado: Jan. 15, 2021. [Online]. Available: <https://ipam.org.br/bibliotecas/amazonia-em-chamas-3-o-fogo-e-o-desmatamento-em-2019-e-o-que-vem-em-2020/>

[2] SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa), “SEEG,” 2022. <http://seeg.eco.br/> (accessed Jul. 27, 2022).

[3] INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), *Desmatamento - Amazônia Legal*. INPE: Coordenação Geral de Observação da Terra, 2021. Acessado: Jun. 08, 2021. [Online]. Available: <http://terrabrazilis.dpi.inpe.br/downloads/>

[4] CPT (Comissão Pastoral da Terra), “Conflitos no Campo,” Brasil, 2021. Acessado: Jun. 08, 2021. [Online]. Available: <https://www.cptnacional.org.br/>

[5] L. F. S. Tavares & L. Cordeiro, “Perfil socioeconômico e ambiental do sul do estado do Amazonas: Subsídios para Análise de Paisagem,” 2017.

[6] K. McGarigal & B. J. Marks, “FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure,” Washington, Aug. 1995.

[7] B. Mertens & E. F. Lambin, “Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon. Spatial disaggregation of diverse deforestation processes,” *Applied Geography*, vol. 17, no. 2, Art. no. 17, 1997.

[8] A. A. Gavlak, “Padrões de mudança de cobertura da terra e dinâmica populacional no distrito florestal sustentável da BR-163: população, espaço e ambiente,” Dissertação, INPE, São José dos Campos, 2011.

[9] RADAMBRASIL Projeto, “Folha nº SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra,” *Departamento Nacional de Produção Mineral*. Rio de Janeiro, p. 566, 1978.

[10] IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), “Solos,” 2020. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> (accessed Jan. 10, 2021).

[11] É. A. Saito, M. I. Sobral, E. Leila, M. Garcia, F. Thales, & S.

Korting, “Análise de padrões de desmatamento e trajetória de padrões de ocupação humana na Amazônia usando técnicas de mineração de dados,” in *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2011.

[12] A. M. Yanai, P. M. L. de Alencastro Graça, L. G. Ziccardi, M. I. S. Escada, & P. M. Fearnside, “Brazil’s Amazonian deforestation: the role of landholdings in undesignated public lands,” *Reg Environ Change*, vol. 22, no. 1, pp. 1–14, Mar. 2022, doi: 10.1007/S10113-022-01897-0/FIGURES/4.

[13] T. S. Körting, L. M. G. Fonseca, M. I. S. Escada, F. C. da Silva, & M. P. dos Santos Silva, “GeoDMA - A novel system for spatial data mining,” *Proceedings - IEEE International Conference on Data Mining Workshops, ICDM Workshops 2008*, pp. 975–978, 2008, doi: 10.1109/ICDMW.2008.22.

[14] INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), “TerraView.” INPE, São José dos Campos, 2020. Acessado: Apr. 01, 2022. [Online]. Available: <https://www.dpi.inpe.br/terralib5/wiki/doku.php?id=wiki:downloads>

[15] J. R. Quinlan, “C5.0: An Informal Tutorial,” 2017. <https://www.rulequest.com/see5-unix.html> (Accessed May 08, 2021).

[16] L. E. P. Maurano, M. I. S. Escada, & C. D. Renno, “Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira,” *Ciência Florestal*, vol. 29, no. 4, pp. 1763–1775, Dec. 2019, doi: 10.5902/1980509834380.

[17] É. A. Saito, L. M. G. Fonseca, M. I. S. Escada, & T. S. Körting, “Efeitos da mudança de escala em padrões de desmatamento na Amazônia,” *Revista Brasileira de Cartografia*, vol. 63, no. 3, 2011, Acessado: Oct. 20, 2022. [Online]. Available: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43749>

[18] A. A. Gavlak, M. I. S. Escada, A. Miguel, & V. Monteiro, “Dinâmica de padrões de mudança de uso e cobertura da terra na região do Distrito Florestal Sustentável da BR-163,” in *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2011, pp. 6152–6160.

[19] M. Augusto Santos Jr. *et al.*, *BR-319 como propulsor de desmatamento: Simulando o impacto da rodovia Manaus-Porto Velho*. Manaus: IDESAM, 2018.

[20] W. S. Walker *et al.*, “The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas,” *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 117, no. 6, pp. 3015–3025, Feb. 2020, doi: 10.1073/PNAS.1913321117/SUPPL\_FILE/PNAS.1913321117.SA.PP.PDF.

[21] M. M. Vale, E. Berenguer, M. Argollo de Menezes, E. B. Viveiros de Castro, L. Pugliese de Siqueira, & R. de C. Q. Portela, “The COVID-19 pandemic as an opportunity to weaken environmental protection in Brazil,” *Biol Conserv*, vol. 255, p. 108994, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.BIOCON.2021.108994.

[22] C. Azevedo-Ramos *et al.*, “Lawless land in no man’s land: The undesignated public forests in the Brazilian Amazon,” *Land use policy*, vol. 99, p. 104863, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.LANDUSEPOL.2020.104863.

[23] B. Brito, P. Barreto, A. Brandao, S. Baima, & P. H. Gomes, “Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon,” *Environmental Research Letters*, vol. 14, no. 6, p. 064018, Jun. 2019, doi: 10.1088/1748-9326/AB1E24.

[24] L. Ferrante & P. M. Fearnside, “Brazil’s new president and ‘ruralists’ threaten Amazonia’s environment, traditional peoples and the global climate,” *Environ Conserv*, vol. 46, no. 4, pp. 261–263, 2019, doi: 10.1017/S0376892919000213.