DINÂMICA DA COBERTURA E USO DA TERRA EM ÁREAS SUBMETIDAS À MINERAÇÃO E À PASTAGEM NA FLONA DE SARACÁ-TAQUERA, PARÁ

Andreyla Barbosa da Cunha[1], Irislene da Silva Lima[2], Sebastian Corredera Avalos[2], Ricardo Jair de Oliveira[2], Eduarda Ração Costa[2], Thalia dos Anjos[2].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro, 29550-000, Jerônimo Monteiro-ES, Brasil, andreyla.bcunha@gmail.com, irislenelimaef@gmail.com, sebacorrederaavalos@gmail.com, ricardo.jair@hotmail.com, eduarda-rc@live.com anjosthalia198@outlook.com,

Resumo
A análise da dinâmica da cobertura e do uso da terra em unidades de conservação permite compreender os efeitos das atividades antrópicas sobre a paisagem e auxiliar na gestão ambiental. Este estudo teve como objetivo avaliar as mudanças multitemporais da cobertura e do uso da terra na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Pará entre 2000 e 2024, utilizando dados da Coleção 10 do MapBiomas e técnicas de geoprocessamento no Google Earth Engine. Foram analisadas as classes temáticas permitindo quantificar as principais alterações ocorridas na unidade. Os resultados evidenciaram elevada estabilidade da cobertura florestal, que permaneceu predominante durante todo o período, ocupando mais de 90% da área total da FLONA. As mudanças identificadas estiveram concentradas principalmente na expansão da mineração, enquanto pastagens, áreas urbanizadas e lavouras apresentaram baixa ocorrência. Conclui-se que, apesar do avanço da atividade minerária, a unidade manteve elevada conservação da paisagem florestal, destacando a importância do sensoriamento remoto no monitoramento ambiental e no suporte à gestão de unidades de conservação.
Palavras-chave: Sensoriamento remoto; MapBiomas; uso e cobertura da terra; mineração; Amazônia.
Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Engenharia Florestal

Introdução

A Amazônia desempenha papel fundamental na regulação do sistema climático, na manutenção da biodiversidade e no funcionamento dos ecossistemas, apresentando importância para o equilíbrio ambiental em escalas regional e global (MALHI et al., 2008). Entretanto, a integridade desses ecossistemas tem sido afetada por mudanças na cobertura e no uso da terra associadas principalmente ao desmatamento, à degradação florestal, à expansão agropecuária e à exploração de recursos naturais (BERENGUER et al., 2024).

Entre os principais processos de transformação da paisagem amazônica destaca-se a conversão da vegetação nativa para áreas destinadas à agropecuária, especialmente pastagens. Estudos baseados em séries históricas de uso e cobertura da terra demonstram a redução da vegetação nativa e a expansão de áreas de pastagem, agricultura e florestas plantadas na Amazônia brasileira (DA SILVEIRA et al., 2022). Paralelamente, a exploração mineral constitui outro importante vetor de transformação territorial, envolvendo a supressão da vegetação para implantação de áreas de extração, infraestrutura e estruturas associadas ao transporte e processamento mineral (SONTER et al., 2017; PINHEIRO et al., 2026). Estudos indicam que os impactos da mineração podem ultrapassar os limites das áreas diretamente destinadas à extração, contribuindo para processos mais amplos de perda florestal e alteração da paisagem amazônica (SONTER et al., 2017).

A ocorrência desses processos em áreas protegidas reforça a necessidade de monitoramento contínuo da cobertura e do uso da terra. As unidades de conservação constituem instrumentos importantes para a conservação dos ecossistemas e da biodiversidade, embora sua efetividade possa variar conforme as condições de gestão e as pressões antrópicas existentes em seus territórios (NOLTE; 2013; JUSYS, 2018). Nesse contexto, a Floresta Nacional de Saracá-Taquera, localizada no estado do Pará, apresenta particular relevância por constituir uma unidade de conservação de uso sustentável e por apresentar atividades relacionadas ao aproveitamento de recursos naturais, incluindo atividades de mineração e concessões florestais. A unidade possui aproximadamente 441 mil hectares e está inserida no bioma Amazônia (ICMBio, 2026). Estudos realizados na própria unidade demonstram a ocorrência de áreas mineradas submetidas a processos

de restauração florestal, evidenciando diferentes trajetórias de recuperação após a exploração (SALOMÃO et al., 2020).

O acompanhamento das mudanças na cobertura e no uso da terra por meio do sensoriamento remoto permite identificar e quantificar alterações espaciais ao longo do tempo, possibilitando analisar a dinâmica das diferentes classes de cobertura e uso da terra. Dados de sensoriamento remoto têm sido empregados para monitorar perdas de vegetação e mudanças ambientais na Amazônia, inclusive em áreas não contempladas por determinados sistemas convencionais de monitoramento (MESSIAS et al., 2024). Nesse contexto, o Projeto MapBiomas constitui uma importante fonte de dados para análises multitemporais, disponibilizando mapas anuais de cobertura e uso da terra para o Brasil. A Coleção 10 reúne informações para o período de 1985 a 2024, com 30 classes de legenda, constituindo uma série histórica revisada de dados de cobertura e uso da terra (MAPBIOMAS, 2025). Associada ao Google Earth Engine, essa base amplia a capacidade de processamento e análise espacial de grandes séries temporais, permitindo análises em escala territorial a partir de dados de sensoriamento remoto (GORELICK et al., 2017).

Nesse contexto, a análise das transições entre classes de cobertura e uso da terra permite compreender as trajetórias de transformação da paisagem em áreas submetidas a diferentes formas de intervenção antrópica, como a mineração e a conversão da vegetação nativa em áreas agropecuárias. A utilização de séries temporais do MapBiomas possibilita identificar essas mudanças de forma sistemática e espacialmente explícita (DA SILVEIRA et al., 2022; MAPBIOMAS, 2025). Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica multitemporal da cobertura e do uso da terra na Floresta Nacional de Saracá-Taquera (PA), utilizando dados da Coleção 10 do MapBiomas e técnicas de geoprocessamento no Google Earth Engine, visando identificar, quantificar e espacializar as principais mudanças ocorridas ao longo da série temporal e caracterizar as trajetórias de transformação associadas à mineração e à conversão da vegetação nativa em pastagens.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado na FLONA de Saracá-Taquera, localizada no oeste do estado do Pará, na margem direita do rio Trombetas, abrangendo os municípios de Oriximiná, Faro e Terra Santa. A unidade está situada entre as coordenadas 1°20' e 1°55' de latitude Sul e 56°00' e 57°15' de longitude Oeste. A região apresenta clima Equatorial Quente Úmido, classificado como Aw segundo Köppen, com temperatura média anual entre 25 e 26 °C, precipitação média próxima a 2.000 mm ano^{-1} e umidade relativa superior a 80%. O regime pluviométrico é caracterizado por uma estação chuvosa entre dezembro e maio e um período de menor precipitação entre julho e outubro (ICMBIO, 2014).

Procedimentos metodológicos

O estudo foi desenvolvido por meio de análise multitemporal da dinâmica da cobertura e uso da terra utilizando dados do Projeto MapBiomas – Coleção 10 (MAPBIOMAS, 2025), que disponibiliza mapas anuais produzidos a partir de imagens da série Landsat, com resolução espacial de 30 m. Foram selecionados os anos de 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 e 2024, de modo a representar diferentes períodos da dinâmica da paisagem na área de estudo.

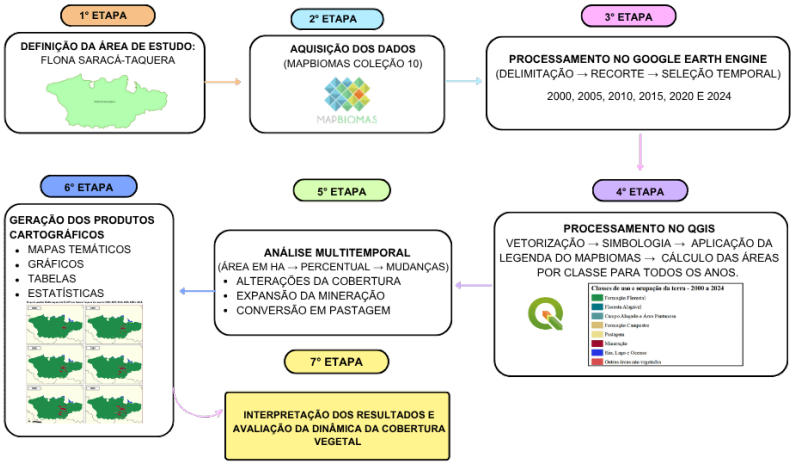
O processamento inicial dos dados foi realizado na plataforma Google Earth Engine (GEE), onde foram selecionadas as imagens correspondentes aos anos de interesse e efetuado o recorte da área de estudo. Em seguida, os arquivos raster foram exportados para o QGIS 4.2, onde foram realizados os procedimentos de processamento cartográfico.

No ambiente do QGIS, os rasters foram vetorizados e classificados conforme a legenda oficial do MapBiomas. As classes consideradas na análise foram: FF – Formação Florestal; FAP – Floresta Alagável, Campo Alagado e Área Pantanosa; AAGP – Outras Áreas não Vegetadas; FC – Formação Campestre; PST – Pastagem; AU – Área Urbanizada; MIN – Mineração; ONV – Outras Áreas não Vegetadas; RLO – Rio, Lago e Oceano; OLT – Outras Lavouras Temporárias.

Após a classificação temática, foram calculadas as áreas ocupadas por cada classe para todos os anos analisados, permitindo a avaliação da dinâmica espaço-temporal da cobertura e uso da terra. Os mapas temáticos foram elaborados no QGIS, utilizando o sistema de referência SIRGAS 2000, enquanto as tabelas e gráficos foram produzidos no Microsoft Excel para subsidiar a análise quantitativa das mudanças observadas ao longo do período de estudo.

As etapas percorridas para obtenção dos dados de uso e cobertura da terra são apresentadas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1. Fluxograma com as etapas metodológicas para a obtenção dos mapas de cobertura da terra na área da FLONA Saracá-Taquera.



Fonte: Autores, 2026.

Resultados

Os dados de uso e cobertura da terra da FLONA do Saracá-Taquera, permitiram avaliar a dinâmica espacial da área para os anos de 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 e 2024. As áreas ocupadas por cada classe, em hectares (ha) e em percentual da área total da unidade de conservação, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Área (ha) e percentual (%) das classes de uso e cobertura da terra da Floresta Nacional do Saracá-Taquera nos anos de 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 e 2024.

Classes	2000		2005		2010		2015		2020		2024	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
FF	427764,8	96,97	425439,64	96,44	423488,8	96,00	421725	95,60	419284,9	95,04	416976,4	94,52
FAP	5545,3	1,26	5716,26	1,30	5760,99	1,31	5866,38	1,33	5948,55	1,35	5786,46	1,31
AAPG	527,1	0,12	742,68	0,17	735,66	0,17	753,93	0,17	754,74	0,17	857,25	0,19
FC	29,8	0,01	22,14	0,01	26,55	0,01	23,85	0,01	32,13	0,01	11,79	0,00
PST	2373,2	0,54	2381,58	0,54	2697,12	0,61	2474,55	0,56	2400,66	0,54	2757,24	0,63
AU	-	-	1,08	0,00	2,79	0,00	1,53	0,00	-	-	-	-
MIN	3324,5	0,75	5595,21	1,27	7243,2	1,64	9217,53	2,09	11808,09	2,68	13579,02	3,08
ONV	186	0,04	156,69	0,04	82,98	0,02	80,82	0,02	69,57	0,02	278,19	0,06
RLO	5423,9	1,23	5110,74	1,16	5130,99	1,16	5027,76	1,14	4885,65	1,11	4936,32	1,12
OLT	-	-	-	-	-	-	0,81	0,00	-	-	1,98	0,00

Legenda: FF – Formação Florestal; FAP – Floresta Alagável, Campo Alagado e Área Pantanosa; AAGP – Outras Áreas não Vegetadas; FC – Formação Campestre; PST – Pastagem; AU – Área Urbanizada; MIN – Mineração; ONV – Outras Áreas não Vegetadas; RLO – Rio, Lago e Oceano; OLT – Outras Lavouras Temporárias.

Fonte: Autores, 2026.

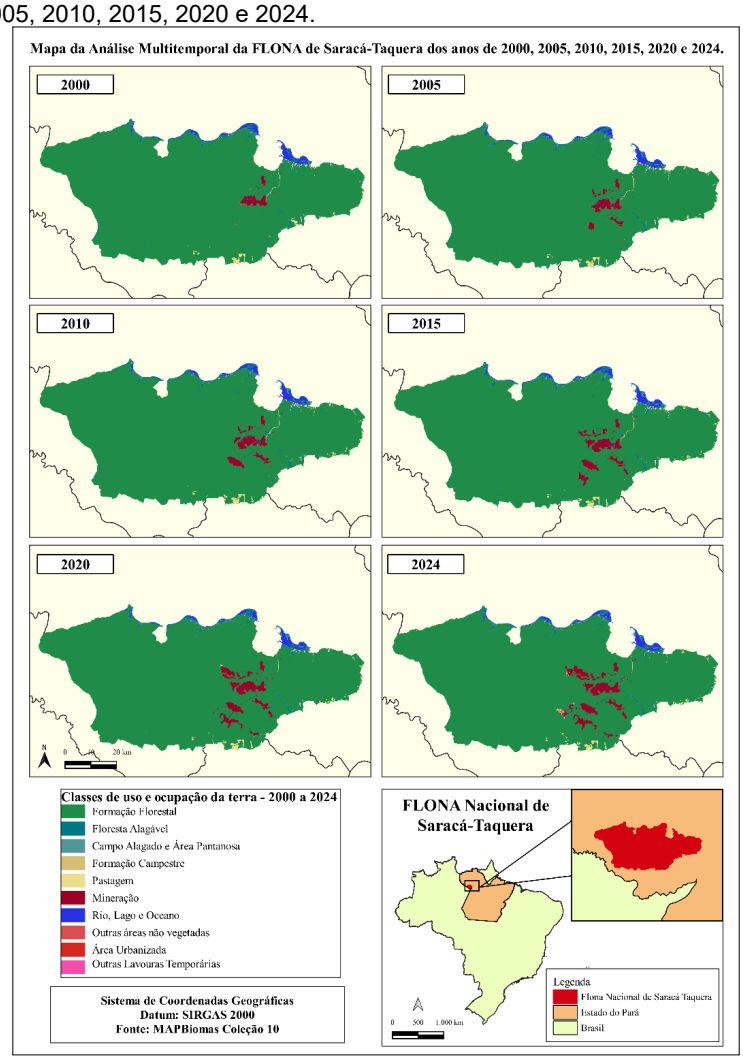
A Formação Florestal foi a classe predominante durante todo o período analisado, ocupando 427.764,8 ha (96,94%) em 2000 e 416.976,4 ha (94,49%) em 2024, apresentando redução gradual ao longo da série temporal. A classe Floresta Alagável apresentou pequenas variações entre os anos avaliados, passando de 5.545,3 ha (1,26%) em 2000 para 5.786,5 ha (1,31%) em 2024. Da mesma forma, Campo Alagado e Área Pantanosa manteve baixa representatividade, variando entre 527,1 ha

(0,12%) e 857,3 ha (0,19%). A Formação Campestre permaneceu pouco expressiva durante toda a série histórica, com áreas inferiores a 35 ha.

Entre as classes associadas ao uso antrópico, a Mineração apresentou o maior incremento ao longo do período analisado. A área minerada aumentou de 3.324,5 ha (0,75%) em 2000 para 13.579,0 ha (3,08%) em 2024, representando a principal alteração observada na cobertura da terra da unidade de conservação. A classe Pastagem apresentou pequenas oscilações ao longo da série temporal, variando de 2.373,2 ha (0,54%) em 2000 para 2.757,2 ha (0,62%) em 2024. As classes Área Urbanizada e Outras Lavouras Temporárias permaneceram praticamente inexistentes durante todo o período, registrando apenas ocorrências pontuais.

A classe Outras Áreas Não Vegetadas apresentou redução entre 2000 e 2020, seguida por aumento em 2024, quando atingiu 278,2 ha (0,06%). Por sua vez, a classe Rio, Lago e Oceano manteve comportamento relativamente estável, variando entre 5.423,9 ha (1,23%) em 2000 e 4.936,3 ha (1,12%) em 2024. A distribuição espacial dessas classes para os anos de 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 e 2024 é apresentada na Figura 2, na qual se observa a predominância da Formação Florestal em toda a extensão da Floresta Nacional do Saracá-Taquera e a expansão das atividades de mineração ao longo dos anos.

Figura 2. Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra da Floresta Nacional do Saracá-Taquera nos anos de 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 e 2024.



Fonte: Autores, 2026.

As principais mudanças observadas no período estiveram relacionadas à expansão da classe Mineração, representada no mapa pela coloração em tons avermelhados, com aumento progressivo da área ocupada principalmente a partir de 2010. A distribuição espacial dessas áreas evidencia que as alterações antrópicas ocorreram de forma concentrada no setor central e sudeste da unidade,

mantendo-se limitadas em relação à extensão total da FLONA. As classes Pastagem, Área Urbanizada e Outras Lavouras Temporárias apresentaram baixa ocorrência ao longo dos anos analisados, indicando reduzida influência de atividades agropecuárias e ocupação permanente sobre a paisagem. Dessa forma, a análise espacial confirma que, apesar do avanço da atividade minerária, a Floresta Nacional de Saracá-Taquera permaneceu predominantemente florestal, reforçando a importância do monitoramento contínuo por sensoriamento remoto para acompanhar as transformações territoriais.

Discussão

Os resultados demonstram que a FLONA manteve elevado percentual de cobertura florestal ao longo do período analisado, evidenciando a efetividade da categoria de unidade de conservação de uso sustentável na manutenção da vegetação nativa (NOLTE *et al.*; GELDMANN *et al*., 2019). Embora tenha sido observada redução da área florestal, esta ocorreu de forma relativamente limitada quando comparada à extensão total da unidade, indicando que a paisagem permaneceu predominantemente coberta por floresta. Estudos baseados em séries temporais do MapBiomas também apontam que áreas protegidas na Amazônia apresentam menores taxas de conversão da vegetação nativa em relação às áreas não protegidas, desempenhando papel fundamental na conservação da cobertura florestal e da biodiversidade (MAPBIOMAS, 2025).

A expansão da mineração constituiu a principal mudança de uso da terra observada entre 2000 e 2024. Apesar do aumento expressivo da área minerada, essa atividade permaneceu espacialmente concentrada e ocupando pequena parcela da área total da FLONA. Esse padrão é compatível com a dinâmica da mineração em unidades de conservação de uso sustentável, onde a atividade ocorre sob licenciamento ambiental e está associada a programas de recuperação das áreas degradadas. Entretanto, diversos estudos destacam que a mineração promove alterações locais na cobertura vegetal, no solo e na hidrologia, reforçando a necessidade do monitoramento contínuo dessas áreas por meio de sensoriamento remoto (SONTER *et al*., 2020).

Por outro lado, a reduzida participação das classes de pastagem, agricultura e áreas urbanizadas evidencia que a conversão da vegetação nativa para usos agropecuários não representa o principal vetor de transformação da paisagem, dessa maneira esse resultado difere do observado em grande parte da Amazônia brasileira, onde a expansão da pecuária constitui o principal fator de desmatamento (MAPBIOMAS, 2025). Dessa forma, o uso de séries temporais do MapBiomas associado ao Google Earth Engine mostrou-se uma ferramenta eficiente para identificar e quantificar mudanças espaciais, fornecendo informações que podem subsidiar ações de monitoramento ambiental e gestão da unidade de conservação (GORELICK *et al*., 2017).

Conclusão

Os resultados demonstraram que a Floresta Nacional de Saracá-Taquera manteve elevada estabilidade da cobertura florestal entre 2000 e 2024, com a vegetação nativa permanecendo como a principal classe de uso e cobertura da terra durante todo o período analisado. As alterações identificadas ocorreram de forma localizada, concentrando-se principalmente na expansão das áreas destinadas à mineração, enquanto classes associadas à agropecuária, urbanização e agricultura apresentaram baixa representatividade. Esse padrão evidencia a importância das unidades de conservação de uso sustentável na manutenção da cobertura vegetal e na conservação da paisagem amazônica, mesmo diante da presença de atividades econômicas licenciadas em seu interior.

A utilização dos dados da Coleção 10 do MapBiomas integrada ao Google Earth Engine mostrou-se eficiente para avaliar a dinâmica espaço-temporal da cobertura e uso da terra, permitindo identificar, quantificar e espacializar as principais transformações ocorridas na unidade. A abordagem aplicada possibilitou compreender que, embora a atividade minerária tenha promovido alterações significativas em escala local, não houve comprometimento da predominância florestal na escala da FLONA. Dessa forma, o monitoramento contínuo por meio de séries temporais de sensoriamento remoto constitui uma ferramenta fundamental para subsidiar ações de gestão, fiscalização e planejamento ambiental em unidades de conservação submetidas a diferentes pressões antrópicas.

Referências

AZEVEDO, J. C. de; CARDOSO, A. da S.; LAGE FILHO, N. M.; FATURI, C.; SILVA, T. C. da; DOMINGUES, F. N.; COSTA, V. E.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A.; RÊGO, A. C. do. Effects of agricultural expansion on soil carbon and nitrogen stocks in the Amazon deforestation arc. *Soil Systems*, v. 8, n. 1, p. 25, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/soilsystems8010025.

BERENGUER, Erika et al. Drivers and ecological impacts of deforestation and forest degradation in the Amazon. *Acta Amazonica*, v. 54, n. especial 1, 2024. DOI: 10.1590/1809-4392202203420.

DA SILVEIRA, Júlia Graziela et al. Land use, land cover change and sustainable intensification of agriculture and livestock in the Amazon and the Atlantic Forest in Brazil. *Sustainability*, v. 14, n. 5, p. 2563, 2022. DOI: 10.3390/su14052563.

GELDMANN, J.; MANICA, A.; BURGESS, N. D.; COAD, L.; BALMFORD, A. A global-level assessment of the effectiveness of protected areas at resisting anthropogenic pressures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 116, n. 46, p. 23209-23215, 2019. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1908221116.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18-27, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). *Plano de manejo da Floresta Nacional de Saracá-Taquera*. Brasília, DF: ICMBio, 2014.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). *Flona de Saracá-Taquera*. Brasília, DF: ICMBio, 2026.

JUSYS, Tomas. Changing patterns in deforestation avoidance by different protection types in the Brazilian Amazon. *PLOS ONE*, v. 13, n. 4, e0195900, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0195900.

MALHI, Yadvinder et al. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, v. 319, n. 5860, p. 169-172, 2008. DOI: 10.1126/science.1146961.

MAPBIOMAS. *Projeto MapBiomas: Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. São Paulo: MapBiomas, 2025. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org. Acesso em: 20 ago. 2026.

MESSIAS, Cassiano Gustavo et al. Unaccounted for nonforest vegetation loss in the Brazilian Amazon. *Communications Earth & Environment*, v. 5, art. 451, 2024. DOI: 10.1038/s43247-024-01542-0.

NOLTE, C.; AGRAWAL, A.; SILVIUS, K. M.; SOARES-FILHO, B. S. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 110, n. 13, p. 4956-4961, 2013. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1214786110.

OLIVEIRA, R. L. L. de; GOMES, M. F.; VIANA-JUNIOR, A. B.; TEIXEIRA, W. G.; CASTELLANI, D. C.; KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S. Oil palm agroforestry systems store more carbon and nitrogen in soil aggregates than monoculture in the Amazon. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 29, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s11027-024-10166-w.

PINHEIRO, J. V.; MARTINS, W. B. R.; SIQUEIRA-GAY, J.; VILLÉN-PÉREZ, S.; GIGLIO, V. J. Ecological impacts of mining in the Amazon: thematic trends and research gaps. *Environmental Management*, v. 76, art. 112, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s00267-026-02403-6.

QUASH, Y.; KROSS, A.; JAEGER, J. A. G. Assessing the impact of gold mining on forest cover in the Surinamese Amazon from 1997 to 2019: a semi-automated satellite-based approach. *Ecological Informatics*, v. 80, art. 102442, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102442.

ROSAN, T. M.; SITCH, S.; O'SULLIVAN, M.; BASSO, L. S.; WILSON, C.; SILVA, C.; GLOOR, E.; FAWCETT, D.; HEINRICH, V.; SOUZA, J. G.; BEZERRA, F. G. S.; VON RANDOW, C.; MERCADO, L. M.; GATTI, L. V.; WILTSHIRE, A.; FRIEDLINGSTEIN, P.; PONGRATZ, J.; SCHWINGSHACKL, C.; WILLIAMS, M. et al. Synthesis of the land carbon fluxes of the Amazon region between 2010 and 2020. *Communications Earth & Environment*, v. 5, art. 46, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s43247-024-01205-0.

SALOMÃO, Rafael de Paiva et al. Trajetória da restauração florestal de áreas mineradas ao longo de 17 anos em unidade de conservação na Amazônia. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 3588-3609, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n1-258.

SIQUEIRA-GAY, J.; SÁNCHEZ, L. E. The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation. *Regional Environmental Change*, v. 21, art. 28, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s10113-021-01761-7.

SONTER, L. J.; HERRERA, D.; BARRETT, D. J.; GALFORD, G. L.; MORAN, C. J.; SOARES-FILHO, B. S. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, v. 8, art. 1013, 2017. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-017-00557-w.

SOUZA JUNIOR, C. M.; OLIVEIRA, L. A.; SOUZA FILHO, J. S.; FERREIRA, B. G.; FONSECA, A. V.; SIQUEIRA, J. V. Landsat sub-pixel land cover dynamics in the Brazilian Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, v. 6, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1294552.