



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS
ÁGUAS

PAULO VINÍCIUS MARTINS RODRIGUES

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA
BACIA DO PAISSANDU, PAE LAGO GRANDE, SANTARÉM-PA

SANTARÉM

2025

PAULO VINÍCIUS MARTINS RODRIGUES

**SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA
BACIA DO PAISSANDU, PAE LAGO GRANDE, SANTARÉM-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, da Universidade Federal do Oeste do Pará, para a obtenção do grau de Bacharel Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas.

Orientador: Dr. João Paulo Soares de Cortes

SANTARÉM

2025



Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA
Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas-BICTA

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 10 dias do mês outubro 2025, às 16 horas, realizou-se na sala 101A do(a) NSA, a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do(a) discente PAULO VINÍCIUS MARTINS RODRIGUES intitulado: SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BACIA DO PAISSANDU, PAE LAGO GRANDE, SANTARÉM-PA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologia das Águas. Os trabalhos foram conduzidos pelo(a) professor(a) João Paulo Soares de Cortes, orientador(a) do(a) discente e presidente da Banca Examinadora, constituída, também, pelos membros convidados Diani Fernanda da Silva Less e Meire Mateus de Lima. Após apresentação do Trabalho de Conclusão e Curso, a Banca Examinadora passou à arguição do(a) discente. Encerrados os trabalhos de arguição, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre a apresentação e defesa oral do(a) discente, considerando-o(a) aprovado. Proclamados os resultados pelo(a) presidente da Banca, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu João Paulo Soares de Cortes, na qualidade de professor(a) orientador(a) do Trabalho de Conclusão de Curso avaliado, lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da Banca Examinadora.

Santarém/PA, 10 de outubro de 2025.

Presidente/orientador(a): _____

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO PAULO SOARES DE CORTES
Data: 06/11/2025 10:40:24-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Membro: _____

Documento assinado digitalmente
gov.br DIANI FERNANDA DA SILVA LESS
Data: 06/11/2025 17:10:24-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

R696s Rodrigues, Paulo Vinícius Martins

Sensoriamento remoto aplicado à restauração florestal na bacia do Paissandu, PAE
Lago Grande, Santarém-Pa. / Paulo Vinícius Martins Rodrigues. - Santarém, 2025.

44 p. : il.

Inclui bibliografias.

Orientador: João Paulo Soares de Cortes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do
Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado Interdisciplinar em
Ciências e Tecnologias das Águas.

1. Uso do solo. 2. Segurança hídrica. 3. Restauração florestal. I. Cortes, João Paulo
Soares de, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 634.9568115

Bibliotecária - Documentalista: Mary Caroline Santos Ribeiro – CRB/2 566

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Cristo, por morrer e ressuscitar por mim, quando eu nada merecia. É a fé no Seu amor que me sustenta nessa caminhada e que me inspira a fazer sempre tudo com excelência.

Aos meus pais, Ivan Rodrigues da Silva e Ruth Martins Rodrigues, que são minha base e ajudaram a moldar o homem que sou hoje.

A toda a minha família, que sempre esteve na torcida e me deu palavras de apoio durante toda essa primeira etapa acadêmica.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. João Paulo Soares de Cortes, por todo o tempo, paciência e inspiração que dedicou. Sem você, com certeza não seria possível a realização deste trabalho.

Agradeço a toda a equipe de trabalho do Grupo de Estudos Avançados em Gestão Ambiental na Amazônia (GEAGAA), que por meio de sua coordenadora, Prof. Dra. Diani Fernanda da Silva Less, me forneceu todo o suporte e acolhimento necessário para a realização desta pesquisa.

À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará (Fapespa) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Aos meus colegas de universidade - Gabriel, Kelly, Larissa, Leonardo, Luan, Máisa e Ryan - por toda a parceria até aqui.

Finalmente, agradeço a todos os amigos que participaram direta e indiretamente dessa etapa da minha vida. Meu muito obrigado!

Paulo Vinícius Martins Rodrigues

RESUMO

A conservação e a recomposição da vegetação nativa são fundamentais para a manutenção dos serviços hidrológicos, especialmente em áreas de preservação permanente (APPs). Contudo, ainda há carência de estudos em escala de bacia hidrográfica que avaliem oportunidades de restauração florestal. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar o uso do solo e o potencial de recuperação nas APPs da bacia hidrográfica do Paissandu, situada no Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE) Lago Grande, em Santarém-PA, utilizando imagens históricas da plataforma Map Biomas e levantamentos com drones. As APPs foram delimitadas conforme os critérios previstos no Código Florestal Brasileiro. Também foram elaboradas recomendações e devolutivas participativas junto às comunidades locais. Os resultados demonstram que a bacia ainda mantém 72,3% de cobertura florestal, com leve reversão da tendência de degradação após a criação do PAE, em 2005. Entre as APPs mapeadas, 24,5% encontram-se antropizadas, sendo a maior parte localizada no entorno da enseada. Nos igarapés e nascentes, apenas 22 hectares demandam recuperação. A integração com imagens de drones evidenciou que os déficits estão relacionados a impactos pontuais e de pequena extensão, indicando um alto potencial para a restauração florestal. A participação social contribuiu de forma significativa para a construção das recomendações e a socialização dos resultados. O estudo evidencia que as comunidades desempenham papel relevante na conservação dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que revela déficits que reforçam a necessidade de ações integradas de gestão ambiental e de regularização fundiária.

Palavras-Chave: uso do solo; segurança hídrica; restauração florestal.

ABSTRACT

The conservation and restoration of native vegetation are essential for maintaining hydrological services, especially in permanent preservation areas (PPAs). However, there is still a lack of watershed-scale studies evaluating forest restoration opportunities. In this context, this study aimed to analyze land use and recovery potential in the PPAs of the Paissandu watershed, located in the Lago Grande Agroextractive Settlement Project (PAE) in Santarém, Pará, using historical imagery from the Map Biomas platform and drone surveys. The PPAs were delimited according to the criteria established in the Brazilian Forest Code. Recommendations and participatory feedback were also developed with local communities. The results show that the basin still maintains 72.3% forest cover, with a slight reversal of the degradation trend after the creation of the PAE in 2005. Of the mapped PPAs, 24.5% are anthropized, most of which are located around the inlet. In the streams and springs, only 22 hectares require restoration. Integration with drone imagery revealed that the deficits are related to isolated, small-scale impacts, indicating a high potential for forest restoration. Social participation contributed significantly to the development of recommendations and the dissemination of results. The study demonstrates that communities play a significant role in water resource conservation, while also revealing deficits that reinforce the need for integrated environmental management and land tenure regularization.

Keywords: land use; water security; forest restoration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Paissandu, em Santarém/PA.	15
Figura 2 - A - segmento de fluxo; B - sub-bacias; C - vetorização da drenagem.....	17
Figura 3 - Ilustrativa do código florestal brasileiro, utilizado na geração dos buffers.	18
Figura 4 - A - Drone modelo DJI Phantom 4; B - voos participativos na comunidade; C - GNSS/RTK utilizado na correção planialtimétrica das imagens aéreas.....	19
Figura 5 - A - reuniões de alinhamento; B - palestra de cartografia social; C - oficinas participativas.....	20
Figura 6 - Mapa multitemporal de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica.	21
Figura 7 - Mudanças de uso e cobertura na bacia no intervalo de 10 anos.	22
Figura 8 - Crescimento de solo exposto no período de 1985-2024.	22
Figura 9 - Distribuição das áreas de preservação permanente na bacia do Paissandu.	24
Figura 10 - Média e desvio padrão dos déficits de APPs nos principais igarapés.	27
Figura 11 - A - imagem aérea da nascente exposta no “campo do Eddie”; B - imagem de campo da mesma nascente; C - erosão identificada em ponto à jusante.....	29
Figura 12 - A - imagem aérea da “nascente do Serrotão”; B - casa de farinha a 200m da nascente; C - multitemporal na área afetada por incêndios.....	30
Figura 13 - A - imagem aérea de trecho do “balneário do Elias”; B - presença de gado próximo ao curso d’água; C - estrangulamento do canal principal.....	31
Figura 14 - Representação esquemática da estrutura de um sistema agroflorestal	35
Figura 15 - A e B - devolutivas com alunos da escola Tiago Xisto de Aragão.....	37
Figura 16 - Alunos da escola Tiago Xisto de Aragão apresentando os resultados.....	37
Figura 17 - A a C - devolutivas no evento Pré-COP 30 PAE Lago Grande.....	38
Figura 18 - Sessão do Relatório de Recomendações de Políticas Públicas (policy brief) discutindo os resultados de uso do solo na bacia e apontando recomendações.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das classes de uso e cobertura do solo da bacia do Paissandu.	16
Quadro 2 - Conjunto de dados vetoriais e matriciais utilizados no trabalho.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantitativo de cobertura do solo nas APP's da bacia em 2024. Em vermelho, estão as classes que caracterizam déficit de cobertura nativa.....	25
Tabela 2 - Estatística de déficits nas APP 's dos principais igarapés da bacia.	27
Tabela 3 - Investimento/ha estimado para diferentes métodos de restauração florestal no estado do Pará.	33

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
CFB	Código Florestal Brasileiro
FEAGLE	Federação das Associações de Moradores e Comunidades do Assentamento Agroextrativista da Gleba Lago Grande
GEAGAA	Grupo de Estudos Avançados em Gestão Ambiental na Amazônia
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
MDE	Modelo Digital de Elevação
PAE	Projeto de Assentamento Agroextrativista
RNA	Ácido ribonucleico
SAF	Sistema Agroflorestal
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1	Caracterização da Área de Estudo	14
3.2	Metodologia.....	15
3.2.1	Bases cartográficas	15
3.2.2	Recorte da drenagem e das áreas de preservação permanente	17
3.2.3	Campanhas de campo e imageamento por drones.....	18
3.2.4	Construção das devolutivas e propostas de recomendação	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	Análise multitemporal do uso do solo na microbacia.....	21
4.2	Potencial para restauração florestal em APPs.....	24
4.3	Tipos de uso em APPs: o caso do igarapé do Paissandu	28
4.4	Propostas de recomendação.....	33
4.4.1	Recuperação das áreas de preservação permanente	33
4.4.2	Busca por modelos de produção de menor impacto	35
4.4.3	Adesão à legislação ambiental e protocolos de autogestão	36
4.5	Devolutivas e ciência participativa.....	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
	ANEXOS	45

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica se apresenta como unidade fundamental de planejamento e gestão ambiental, uma vez que engloba de forma integrada os processos físicos, biológicos e socioeconômicos que ocorrem em seu interior. Reconhecida pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) como base para a gestão descentralizada das águas, seu reconhecimento permite compreender a relação intrínseca entre o uso do solo e a segurança hídrica (Carvalho, 2020). Dentro dessa unidade, as Áreas de Preservação Permanente (APPs), instituídas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), possuem um papel essencial por garantirem a proteção da vegetação nas margens dos cursos d'água, ambientes que apresentam alta suscetibilidade à degradação ambiental (Skorupa, 2004).

A fragilidade desses sistemas hídricos, somada aos efeitos das mudanças climáticas globais, pode culminar em crises de grande escala. Mesmo a Amazônia, fonte da maior rede de hidrografia do mundo, vivenciou entre 2023 e 2024, uma das estiagens mais severas de sua história (Maciel, 2023). O evento expôs a vulnerabilidade das populações tradicionais e demonstrou a urgência de estratégias focadas na resiliência e na proteção das fontes hídricas locais que abastecem diretamente os territórios. Segundo relatório do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2024), a crise climática resultou em vazantes históricas, isolando comunidades, colapsando o transporte fluvial e comprometendo a sobrevivência de milhares de famílias.

A restauração florestal surge como uma estratégia central de reversão desse quadro de preocupação. Para Fearnside (2005), recuperar a cobertura nativa é fundamental para a regulação dos ciclos hídricos, a mitigação de eventos climáticos extremos e o sequestro de carbono da atmosfera. No entanto, a efetividade de qualquer iniciativa de restauração em larga escala depende de um diagnóstico preciso, que identifique e quantifique as áreas prioritárias para intervenção, um desafio considerável em paisagens com carências de estudos como a Amazônia (Strassburg et. al, 2022).

Para superar esse desafio, o sensoriamento remoto tem se estabelecido como uma ferramenta indispensável. O imageamento por satélites, por exemplo, já é amplamente utilizado para quantificar o uso do solo e déficits de vegetação em áreas protegidas (INPE, 2023). Contudo, quando utilizado de forma isolada, esse recurso apresenta limitações, como a necessidade de validação de dados e a dependência de boas condições atmosféricas para

obtenção de imagens precisas (Pimentel et. al, 2023). Por esse motivo, a integração de dados multissensores torna-se uma metodologia a ser testada na busca por um entendimento mais completo da dinâmica socioambiental. Atualmente, muitas lacunas podem ser preenchidas por Aeronaves Remotamente Pilotadas (drones), que possuem resolução centimétrica e permitem identificar intervenções com maior nível de detalhamento (Tommaseli; Berveglieri, 2014).

Um contexto social estratégico para a aplicação dessa análise são os Projetos de Assentamento Agroextrativista (PAEs), modalidade de reforma agrária criada para acolher as populações tradicionais da Amazônia (INCRA, 2019). Nesse cenário, está inserido o principal alvo do estudo: a bacia hidrográfica do Paissandu, no PAE Lago Grande, em Santarém-PA. Criado em 2005, o território abriga mais de 150 comunidades tradicionais e é palco de intensos conflitos fundiários devido ao avanço do agronegócio, pesca predatória, mineração e da exploração madeireira (TAPAJÓS DE FATO, 2021).

A bacia do Paissandu foi definida como área piloto a partir do Projeto “Águas Para a Vida”, uma parceria entre a Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa) e lideranças comunitárias. Voltado inicialmente à proteção das nascentes frente às pressões da mineração, o trabalho representa uma das frentes de pesquisa que buscou analisar o uso do solo e o potencial de restauração florestal por meio de análises espaciais utilizando múltiplos sensores remotos e metodologias participativas. A abordagem integradora foi útil para compreender os impactos das intervenções humanas sobre a segurança hídrica e fornecer subsídios para futuras ações de gestão ambiental em outras bacias do território.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a dinâmica de uso do solo e o potencial de restauração florestal na microbacia do “Paissandu”, localizada no PAE Lago Grande, município de Santarém/PA, utilizando múltiplos sensores remotos.

2.2 Objetivos Específicos

- a) realizar uma análise multitemporal do uso e cobertura da terra na microbacia;
- b) quantificar déficits nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) por meio de imagens de satélite históricas;
- c) identificar os tipos de uso em APPs a partir de levantamentos com drones;
- d) formular propostas de recomendação para as intervenções identificadas nas APPs;
- e) descrever as devolutivas integradas ao Projeto Águas Para a Vida, a partir das metodologias participativas adotadas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Paissandu possui cerca de 5.719 hectares de extensão e está localizada na região do Baixo Amazonas, integrando o Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE) da Gleba Lago Grande, que abrange mais de 250 mil hectares no município de Santarém/PA (FEAGLE, 2019). Os limites da bacia fazem divisa, ao norte, com o Lago Grande do Curuaí, ao sul, com as bacias que drenam para o Rio Arapiuns, e a oeste/leste com bacias que drenam para o Rio Amazonas.

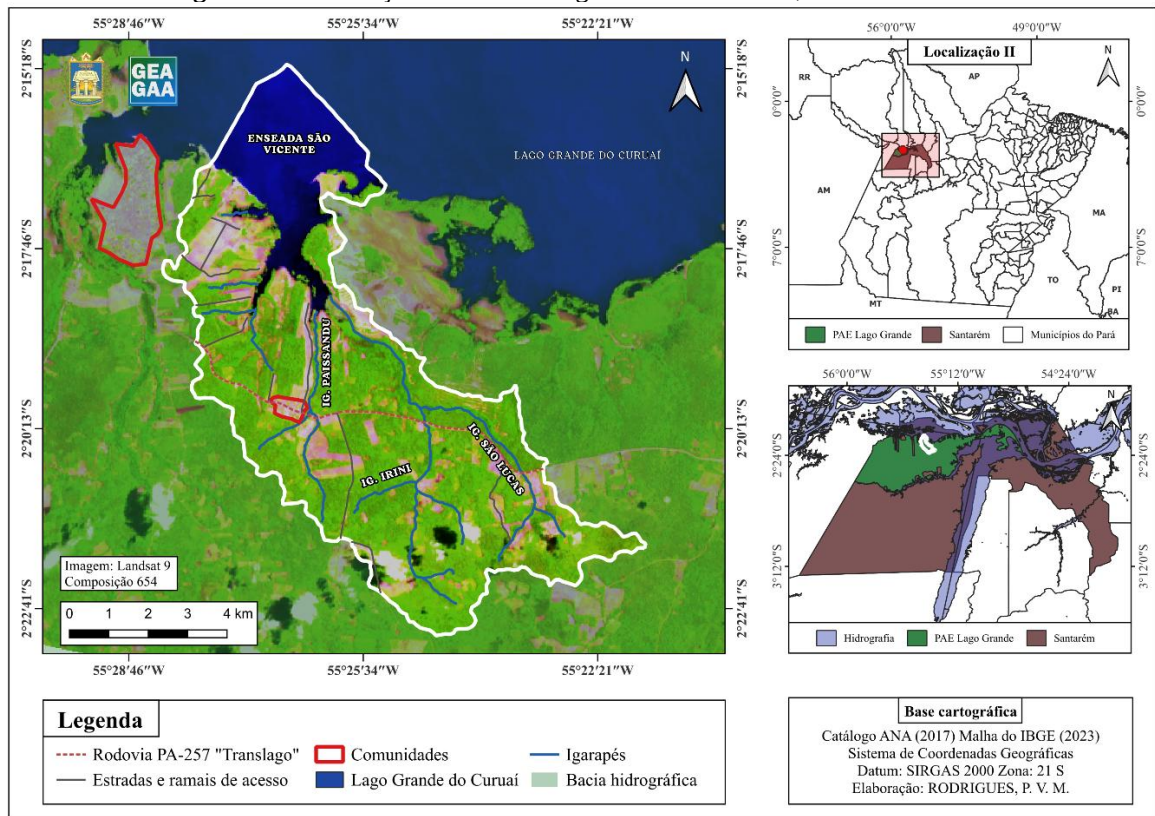
O clima da região, classificado por Ami (Köppen), é quente e úmido, com temperatura anual oscilando entre 25° e 26° C, umidade relativa superior a 80%. A pluviosidade se aproxima dos 2.000 mm anuais, porém, com certa irregularidade durante o ano. As estações chuvosas coincidem com os meses de dezembro a junho, e os menos chuvosos, com os meses de julho a novembro (Silva et al., 2012).

Segundo Folhes (2010), a cobertura vegetal do PAE inclui: a Floresta Ombrófila Densa, que compõe a maior parte nas áreas de terra firme; as Savanas, ocorrendo na região do Arapixuna e Baixo-Lago, além de contatos florísticos com florestas ombrófilas e várzeas na Região do Arapixuna e nas margens do Lago Grande do Curuaí. Já nas áreas onde ocorreu o desmatamento, a floresta primitiva foi sucedida por Vegetação Secundária ou Capoeira, e pelas Pastagens em áreas de contato entre Savana e Floresta Ombrófila.

Em relação aos solos, há o predomínio do Neossolo Quartzarênico, e na porção oeste há a presença do Latossolo Amarelo (IBGE, 2008). A geomorfologia desta bacia está majoritariamente dentro dos Baixos Planaltos da Amazônia Ocidental, ao longo dos Patamares do Tapajós (IBGE, 2023). Essa combinação de solos muito susceptíveis à erosão, juntamente com o intenso regime de chuvas concentradas, gera na bacia hidrográfica uma grande vulnerabilidade ambiental.

O sistema de drenagem é composto pelos igarapés que vão formar a enseada São Vicente (Figura 1). Tratam-se de dois cursos d'água principais, o Igarapé Irini, que tem como afluente o igarapé São Lucas, e o Igarapé do Paissandu. Ambos são cortados pela rodovia estadual PA-257 "Translago", sendo este último limítrofe à comunidade do Paissandu, onde vivem mais de 200 famílias que se dedicam às atividades de pesca, agricultura familiar e extrativismo (FASE, 2019).

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Paissandu, em Santarém/PA.



Fonte: O Autor (2025).

3.2 Metodologia

3.2.1 Bases cartográficas

O mapeamento de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica foi realizado com o auxílio dos softwares *QGIS 3.40 "Bratislava"* e *ArcGIS Desktop 10.5*, ambos amplamente utilizados para a detecção de mudanças na paisagem e modelagem ambiental (HOOLER, 2018). O arquivo vetorial de referência para a hidrografia e limites da bacia é proveniente do catálogo hidrográfico ottocodificado nível 5, disponibilizado nos metadados da ANA - Agência Nacional das Águas.

As bases cartográficas utilizadas foram as da plataforma MapBiomias Brasil, que utiliza mosaicos das coleções Landsat e Sentinel 2, disponíveis gratuitamente no catálogo da *Google Earth Engine*, para calibragem de algoritmos de classificação pré-definidos para cada bioma brasileiro (Map Biomias, 2024). Com uma série superior a 35 anos, as imagens de satélite possuem 30m de resolução e mais de 105 camadas de informação anual. Para a análise multitemporal, foram contemplados os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2024.

No *QGIS*, os dados foram reprojetados para o sistema UTM para apurar o valor métrico do pixel central, que é de 900m². Em seguida, os pixels dentro da área de interesse foram contabilizados para os cálculos de área. Classes com fisionomias semelhantes foram unidas e regiões delimitadas por corpos d’água foram excluídas do quantitativo final. A descrição de cada uma das classes (Quadro 1), ilustrada com imagens do levantamento por drones, segue a metodologia do Map Biomas Brasil para a Amazônia.

Quadro 1 - Descrição das classes de uso e cobertura do solo da microbacia do Paissandu.

Ilustrações	Descrição
	FORMAÇÃO FLORESTAL Inclui as seguintes formações: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, áreas que sofreram impactos de fogo ou exploração madeireira, Florestas resultantes de processos sucessionais naturais, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, que podem ter árvores remanescentes da vegetação primária.
	AGROPECUÁRIA Área de pastagem, predominantemente plantada, vinculada às atividades de pecuária. Áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como pastagens ou áreas úmidas, que podem ou não ser pastoreadas. Na bacia, a classe pode ocorrer em áreas recentemente desmatadas, mesmo que as atividades agrícolas ainda não tenham sido iniciadas.
	CAMPO NATIVO Vegetação de terras baixas ou campestres que sofre influência fluvial e/ou lacustre. Também estão incluídas formações de Savana, Campinarana, Igapó e no caso das regiões dentro do Ecótono Amazônia/Cerrado, há a predominância de estratos herbáceos. Esta fisionomia é quase exclusiva das zonas encharcadas ao norte da bacia.
	SOLO EXPOSTO A classe de solo exposto é caracterizada pela remoção significativa da cobertura vegetal original. Predominam áreas urbanas com alta densidade de estradas, edificações e superfícies não vegetadas, incluindo infraestrutura e espaços abertos. Concentram-se principalmente na área da comunidade e apresentam clara exposição por ação antrópica.

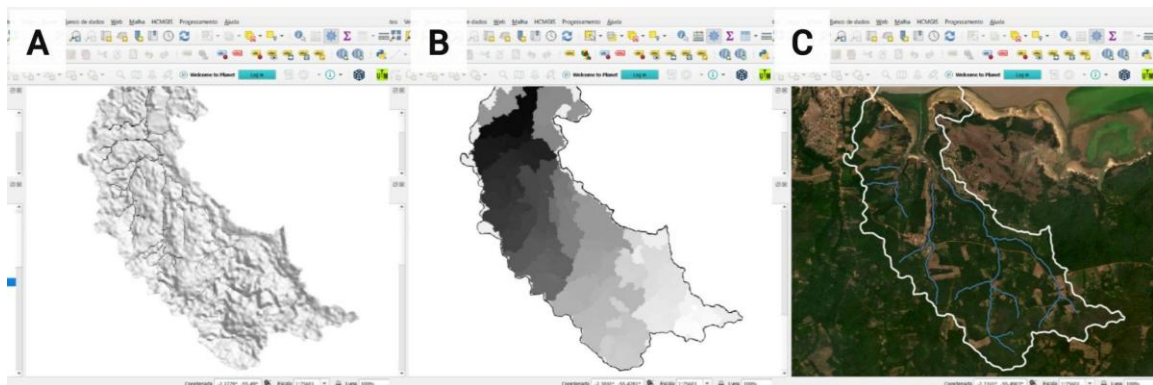
Fonte: Map Biomas (2024), com adaptações do Autor (2025).

3.2.2 Recorte da drenagem e das áreas de preservação permanente

O recorte da cobertura do solo dentro da microbacia seguiu a abordagem de Calijuri (2006), onde a rede de drenagem, formada pelo conjunto de canais de 1^a a 3^a ordem, é delimitada por “divisores de águas”, elevações naturais no terreno que marcam a direção do fluxo de escoamento superficial. Para determinar os divisores e a direção da drenagem, foi feito o download do Modelo Digital de Elevação (MDE) do satélite *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizado no portal Topodata. No ArcGIS, por meio da ferramenta *ArcTool Box*, foram feitas pequenas correções no relevo, e a devida reprojeção para o sistema de coordenadas planas da região de estudo: SIRGAS 2000, Zona 21 Sul.

Após os procedimentos de correção, no QGIS foi extraída a direção do fluxo de drenagem das sub-bacias por meio da extensão *r.watershed* (Figura 2). Com o auxílio dessas matrizes, os vetores de linha foram então desenhados manualmente com análise visual, utilizando também o plugin *Curvas de Nível* para identificar possíveis sinuosidades no terreno e suas características geomorfológicas. Por fim, para ajustar os vértices do início da rede de drenagem à visualização do canal, recorreu-se aos mosaicos de imagens de satélite de alta resolução da Planet Labs (2024).

Figura 2 - A - segmento de fluxo; B - sub-bacias; C - vetorização da drenagem.

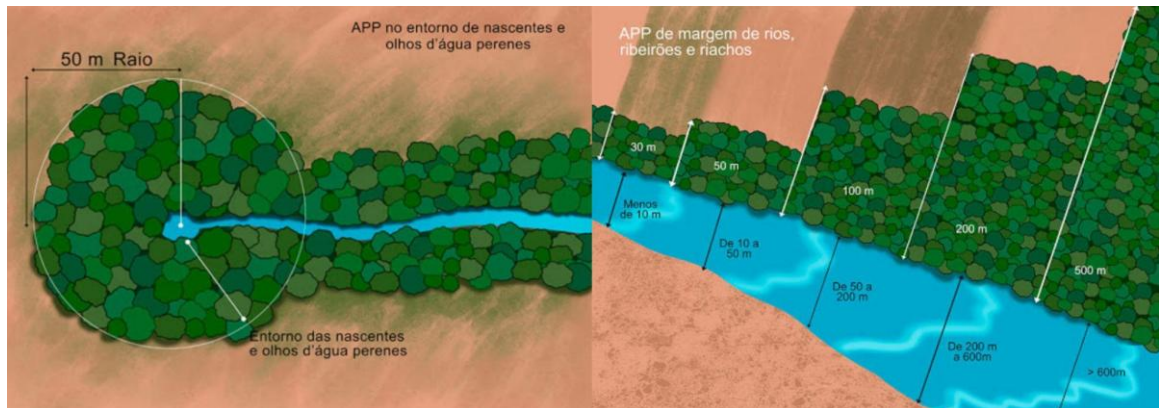


Fonte: O Autor (2025).

Para a delimitação das APPs, foram adotadas as diretrizes do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), considerando os parâmetros aplicáveis a imóveis com mais de quatro módulos fiscais, que preconizam a manutenção da vegetação nativa em um raio mínimo de 50 m ao redor das nascentes e de 30 a 500 m de margem para rios e igarapés (Figura 3). Os polígonos foram gerados por meio da ferramenta *buffer* no QGIS, assumindo as seguintes inferências:

- (i) todos os igarapés mapeados tinham menos de 10m de largura, seguindo o padrão observado em campo por Santos (2025) para a bacia do Paissandu;
- (ii) em áreas de vegetação densa e na enseada São Vicente, onde não foi possível vetorizar a rede de drenagem com precisão, foi mantida a base vetorial disponibilizada pela ANA.

Figura 3 - Ilustrativa do código florestal brasileiro, utilizado na geração dos buffers das APP 's.



Fonte: Código Florestal Brasileiro, com adaptações do Autor (2025).

O potencial de restauração florestal foi estimado a partir dos déficits de cobertura nativa nas APPs, sendo utilizada a base cartográfica mais recente (2024). Também foram observadas estatísticas como densidade, média e desvio padrão entre os pixels, visando obter uma estimativa da concentração desses déficits dentro do espaço. Esta análise se faz importante para um planejamento mais eficiente da restauração da paisagem, sendo crucial para identificar áreas prioritárias na escala de bacia hidrográfica (FAO, 2019).

3.2.3 Campanhas de campo e imageamento por drones

Os registros de campo ocorreram em consonância com as atividades de reconhecimento realizadas pelo Grupo de Estudos Avançados em Gestão Ambiental na Amazônia (GEAGAA) que, ao longo do período de junho-2024 a abril-2025, realizou trabalhos na comunidade Paissandu, com vista a identificar e/ou validar aspectos físicos e ambientais relevantes na região de estudo.

A aerofotogrametria teve como finalidade identificar tipos de intervenção existentes nas APPs, contribuindo para uma avaliação qualitativa das áreas degradadas e complementando os dados de uso e cobertura da terra, para tanto foi utilizado o drone modelo DJI Phantom 4 (12MP de resolução). Os voos tiveram uma altura de 90m e foram planejados de acordo com orientações indicadas em Figueiredo & Figueiredo (2018), sendo executados no software Pix4D Capture.

Na primeira campanha, também foi realizada uma correção planialtimétrica através de equipamento GNSS RTK modelo MG3-310, o que conferiu ao produto final uma precisão de de aproximadamente 4cm. As imagens foram processadas no software Agisoft Metashape 1.4, onde foram submetidas aos processos de alinhamento, geração de nuvem de pontos, geração do ortomosaico e modelo digital de terreno (MDT).

Figura 4 - A - Drone modelo DJI Phantom 4; B - voos participativos na comunidade; C - GNSS/RTK utilizado na correção planialtimétrica das imagens aéreas.



Fonte: Acervo GEAGAA (2025).

Ao longo de todo o processo de coleta e análise de dados, foram utilizados 7 diferentes conjuntos de informações geoespaciais compostos por dados vetoriais e matriciais, conforme descrito no Quadro 2. Todas as informações obtidas por meio dessas bases foram cruzadas com as análises de campo para as devidas interpretações técnicas e construção das devolutivas e propostas de recomendação, as quais serão abordadas na próxima seção.

Quadro 2 - Conjunto de dados vetoriais e matriciais utilizados no trabalho.

Conjunto de dados	Fonte	Anos	Escala/resolução	Referência
MDE	Topodata	2008	30m	SRTM
Uso do solo	Map Biomas	1985-2024	30m	Sentinel/Landsat
Bacia hidrográfica	ANA	2017	1:50000	SRTM
Imagens RGB	Planet	2024	5m	Planet Labs
APP's	Buffer GIS	2025	-	Código Florestal
Rede de drenagem	Manual	2025	-	ANA / r.watershed
Ortofotos	DJI	2025	4cm	DJI Phantom 4

Fonte: O Autor (2025).

3.2.4 Construção das devolutivas e propostas de recomendação

As propostas de recomendação foram elaboradas de forma colaborativa a partir de um processo contínuo de escuta e envolvimento direto da comunidade do Paissandu e das lideranças do PAE Lago Grande. A iniciativa integrou o projeto “Águas Para a Vida”, liderado pelo coletivo Grupo Mãe Terra, e contou com o apoio de instituições como a Federação das Associações de Moradores e Comunidades do Assentamento Agroextrativista da Gleba Lago Grande (FEAGLE), Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Santarém (STTR), GEAGAA, Guardiões do Bem Viver, Fase Amazônia e o Co-Laboratório de Antropologia Rural e da Resistência (Co-LARR).

Um dos principais produtos elaborados foi um relatório de recomendações de políticas públicas, resultado de um diagnóstico socioambiental desenvolvido na bacia hidrográfica, e conduzido com o apoio da Associação de Moradores local. A proposta dessa devolutiva foi adaptar o conhecimento técnico-científico produzido ao contexto e à linguagem do público da região, promovendo a acessibilidade da informação e subsidiando a gestão ambiental participativa. A adoção desse tipo de instrumento é recomendada por autores como Young e Quinn (2002), que destacam o “Policy Brief” como ferramenta de comunicação entre ciência, sociedade e formulação de políticas públicas.

Durante a etapa de socialização, foram realizadas diversas oficinas, entrevistas e atividades de cartografia social, possibilitando que as comunidades envolvidas expressassem sua relação histórica com os igarapés, seus desafios ambientais e territoriais, e suas expectativas em relação ao futuro do território. Essas atividades foram documentadas e registradas para fortalecer a legitimidade de um diagnóstico participativo.

Figura 5 - A - reuniões de alinhamento; B - palestra de cartografia social; C - oficinas participativas.



Fonte: Acervo GEAGAA (2025).

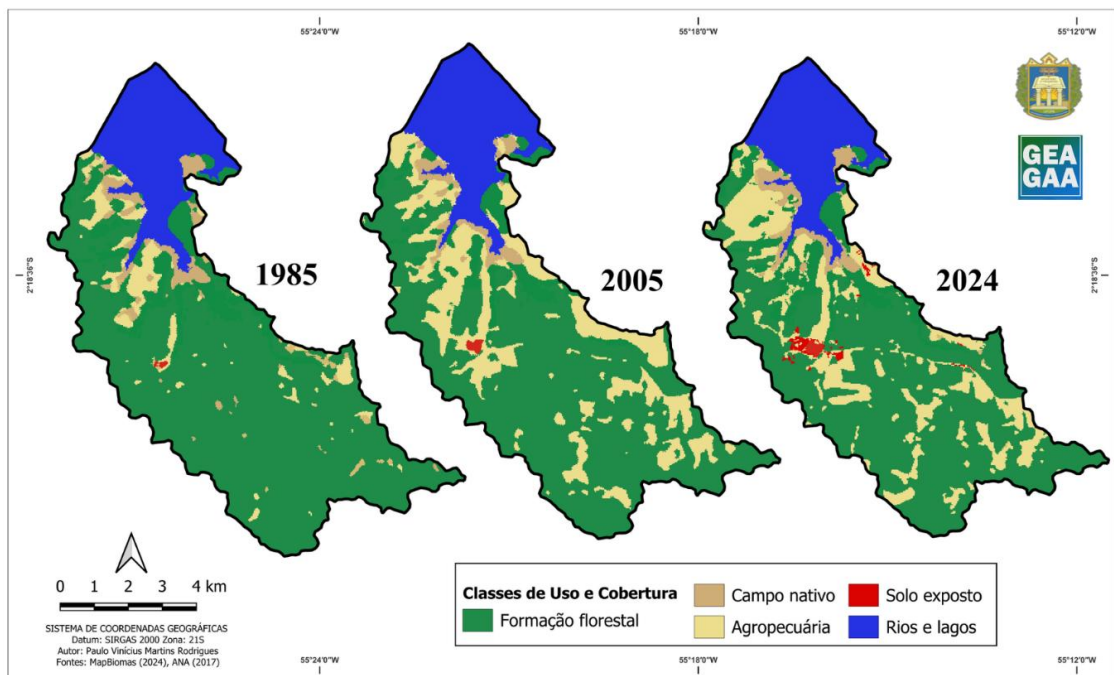
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise multitemporal do uso do solo na microbacia

As análises de uso e cobertura da terra demonstraram que, atualmente, dos 57,19 km² de área superficial, cerca de 72,3% são compostos por formações florestais, configurando-se como o componente dominante da paisagem. Em 2024, a cobertura nativa também incluiu 4,3% de campos naturais, enquanto 22,3% eram utilizados para agropecuária e 1,1% consistiam em solo exposto. Essa distribuição evidencia padrões de ocupação territorial que, quando analisados ao longo do tempo, apontam para mudanças significativas na cobertura da terra nos anos anteriores (Anexo 1).

No período histórico de 1985 a 2024, a bacia hidrográfica perdeu 17,3% da cobertura vegetal original, o que corresponde a uma área de 921 hectares. Essa conversão foi majoritariamente direcionada à substituição de formações florestais por mosaicos de agropecuária (97,7%), antes mesmo da criação do PAE Lago Grande em 2005. Tal dinâmica pode ser observada pela dinâmica dos mapas multitemporais (Figura 6), que comprovam uma intensificação do uso produtivo, sobretudo nas áreas mais acessíveis da bacia, próximas a cursos d'água e às margens da enseada São Vicente.

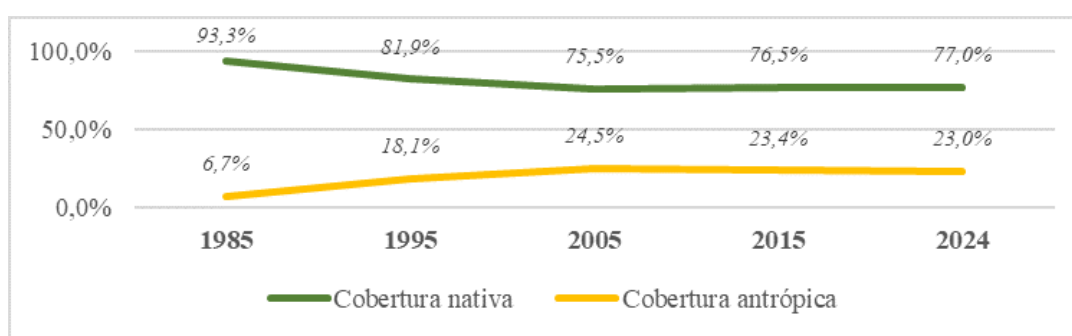
Figura 6 - Mapa multitemporal de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica.



Fonte: O Autor (2025).

A partir de 2005, ano de criação do PAE Lago Grande, nota-se uma leve estabilização da agropecuária, sugerindo uma mudança no padrão de expansão das áreas produtivas, que diminuíram gradativamente de 24,5% em 2005 para 23,0% em 2024 (Figura 7). Esse indicativo de estabilidade das áreas de uso antrópico após a criação do PAE aponta para uma relação entre os assentamentos agroextrativistas e a contenção do desmatamento e a reorganização do território. Almeida (2008) destaca que a permanência das populações tradicionais nesses locais, aliada a práticas produtivas de baixo impacto, contribuem diretamente para essa dinâmica de diminuição da pressão sobre as florestas nativas.

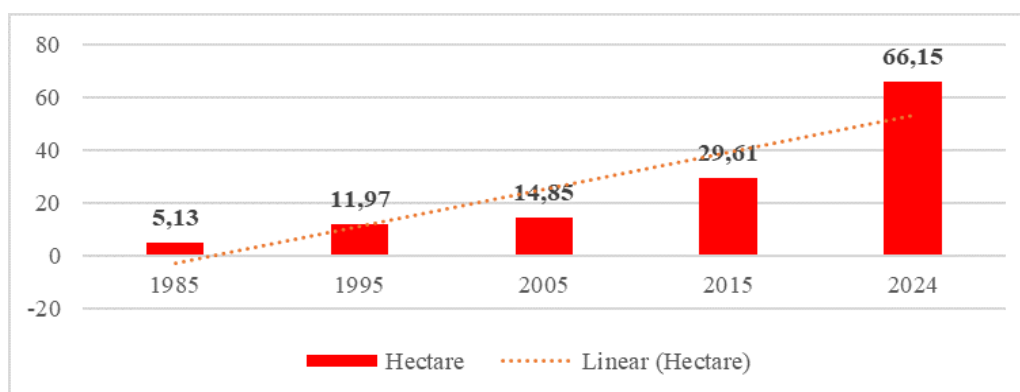
Figura 7 - mudanças de uso e cobertura na bacia no intervalo de 40 anos.



Fonte: O Autor (2025).

Observou-se também, no mesmo intervalo de tempo, um crescimento expressivo de solo exposto, principalmente na área da comunidade. Na Figura 8, o gráfico ilustra um aumento contínuo na ocupação territorial, partindo de 5,13 ha em 1985 para 66,15 ha em 2024, o que representa uma variação percentual de aproximadamente 1.189,67% em relação à área inicial. A linha tracejada representa a tendência linear de crescimento, indicando que o aumento da classe teve maior concentração a partir de 2005.

Figura 8 - crescimento de solo exposto no período de 1985-2024.



Fonte: O Autor (2025).

As taxas de crescimento específicas entre os intervalos decenais também revelaram oscilações na dinâmica de ocupação. No primeiro intervalo (1985–1995), verificou-se um crescimento de 133,33%, seguido de um incremento mais moderado de 24,05% entre 1995 e 2005. A década seguinte apresentou uma retomada do ritmo de expansão, com crescimento de 99,39% entre 2005 e 2015. O intervalo final (2015–2024) evidenciou uma nova intensificação no processo de crescimento da área ocupada pela comunidade, com aumento de 123,42%.

Essa expansão pode estar relacionada a fatores como crescimento natural da população, ou à deficiência de políticas públicas. Thomas (2014), por exemplo, destacou que os assentamentos agroextrativistas frequentemente enfrentam problemas na regularização fundiária. No caso do PAE Lago Grande, os beneficiários do assentamento aguardam o Contrato de Concessão de Direito Real de Uso Coletivo (CCDRU) há mais de 20 anos da criação do assentamento (Ramos, 2024), reforçando um dos entraves para a promoção de uma gestão descentralizada.

Observa-se que apesar da bacia hidrográfica do Paissandu ter sofrido perdas significativas na cobertura vegetal ao longo das últimas décadas, o percentual atual revela um padrão de conservação relativamente elevado, com mais de 70% de sua superfície ainda coberta por vegetação nativa, taxa expressiva quando comparada com outras bacias inseridas na Amazônia Legal (Nascimento et. al, 2017).

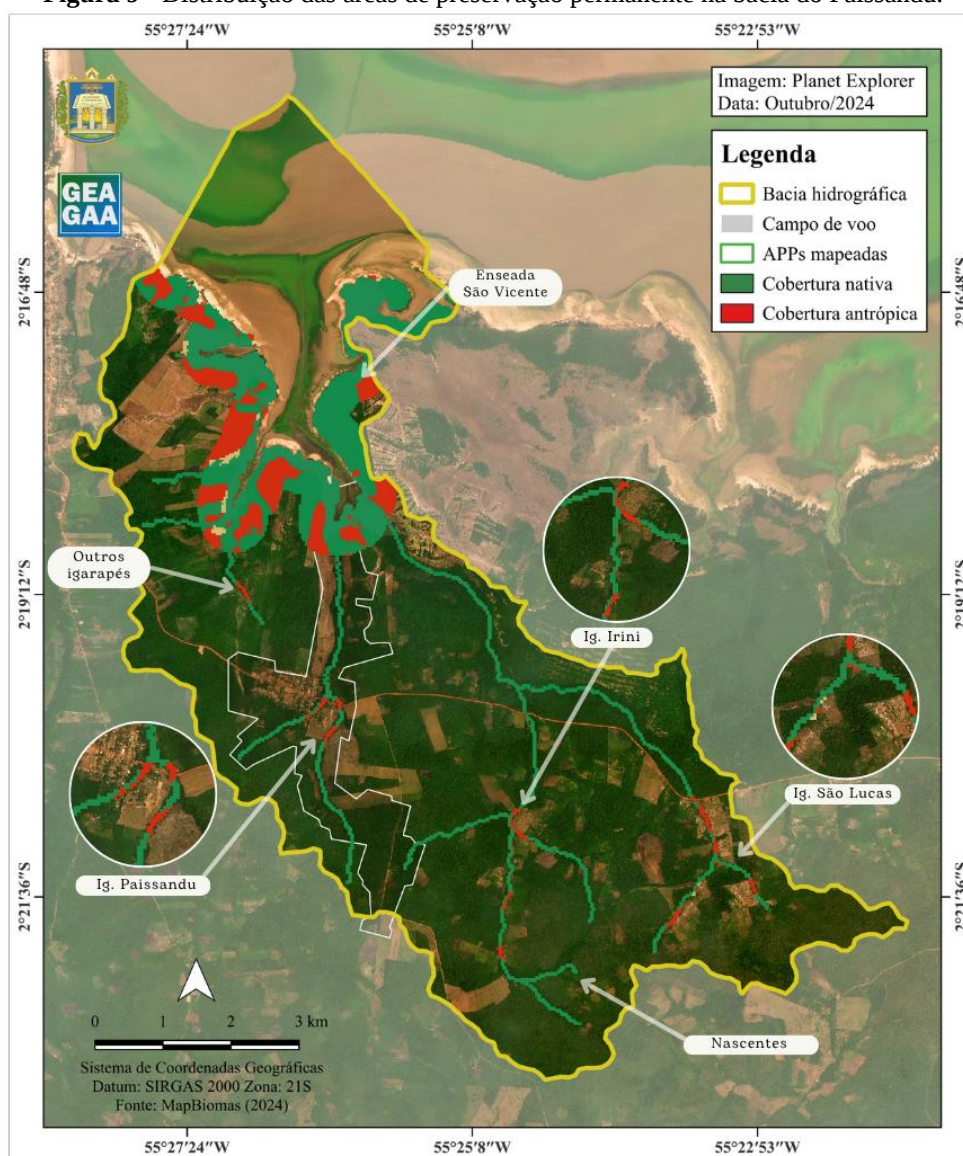
Nunes et. al (2019), em estudo na bacia do rio Itacaiúnas, no sudeste do Pará, encontraram dinâmicas de uso do solo intensamente marcadas pela expansão da pecuária, mineração e urbanização desordenada. Nessa bacia, o estudo identificou déficits significativos tanto em áreas de preservação permanente como em reservas legais, além de fragmentação florestal expressiva, comprometendo funções ecológicas básicas, como regulação hídrica, ciclagem de nutrientes e manutenção da biodiversidade. Portanto, o cenário demanda atenção, uma vez que pressões decorrentes da ocupação desordenada podem comprometer a resiliência dos ecossistemas diante de eventos climáticos extremos, cada vez mais frequentes na região amazônica (Fearnside, 2019).

Essa análise evidencia que, embora a expansão de áreas produtivas e a intensificação do uso do solo configurem pressões sobre a vegetação nativa, os assentamentos agroextrativistas, a exemplo do PAE Lago Grande, demonstram potencial para atuar como mecanismos de contenção do desmatamento, sobretudo quando há uma efetiva participação comunitária na gestão do território.

4.2 Potencial para restauração florestal em APPs

As áreas de preservação permanente representam 14,8% da superfície da microbacia, com 8,52 km² de extensão no cenário de 2024. Desse montante, estimou-se que 24,5% encontram-se em zonas passíveis de recuperação (agropecuária e/ou solo exposto). A grande maioria está localizada dentro da enseada São Vicente e nos igarapés à montante da PA-257, como ilustra o mapa de distribuição das APPs (Figura 9):

Figura 9 - Distribuição das áreas de preservação permanente na bacia do Paissandu.



Fonte: O Autor (2025).

A proporção de áreas degradadas na bacia hidrográfica é de 0,036 ha degradados para cada hectare. A Tabela 1 reforça que a APP da enseada São Vicente apresenta as menores taxas de vegetação nativa, com quase um terço de sua superfície coberta por pastagens.

A grande maioria das nascentes estão localizadas em áreas predominantemente cobertas por florestas (95,8%). Das 12 mapeadas, apenas uma apresentou agropecuária. Este cenário pode estar relacionado à própria atuação das comunidades tradicionais, que possuindo uma relação cultural e funcional com os mananciais, acabam favorecendo práticas coletivas de proteção. Segundo Diegues (2000), tais comunidades frequentemente operam sob princípios de governança adaptativa, sendo plenamente capazes de gerir os recursos hídricos através do uso de normas compartilhadas.

Tabela 1 - Quantitativo de cobertura do solo nas APP's da bacia em 2024. Em vermelho, estão as classes que caracterizam déficit de cobertura nativa.

APP's	Classes	Área(ha)	Área (%)
 Enseada São Vicente	Floresta	269,19	39,74%
	Campo nativo	221,49	32,69%
	Agropecuária	186,03	27,47%
	Total	677,34	100%
 Nascentes	Floresta	8,64	95,8%
	Agropecuária	0,36	4,2%
	Total	8,64	100%
 Igarapé São Lucas	Floresta	35,91	80,0%
	Campo nativo	0,45	0,8%
	Agropecuária	8,64	19,2%
	Total	45	100%
 Igarapé Paissandu	Floresta	28,98	83,0%
	Campo nativo	1,17	3,0%
	Agropecuária	4,5	12,8%
	Solo exposto	0,45	1,2%
	Total	35,1	100%

	Floresta	80,37	88,0%
	Campo nativo	4,5	4,3%
	Agropecuária	6,3	7,7%
	Total	91,17	100%
Igarapé Irini			
	Floresta	24,84	80,6%
	Campo nativo	3,78	12,9%
	Agropecuária	2,5	6,0%
	Total	31,14	100%
Outros igarapés			
GERAL	Floresta	411,66	48,3%
	Campo nativo	231,39	27,2%
	Agropecuária	208,35	24,4%
	Solo exposto	1,08	0,1%
	Total	852,48	100%

Fonte: O Autor (2025)

No que diz respeito aos igarapés, o déficit de restauração nas APPs é de 22,39 hectares. O igarapé São Lucas foi o que apresentou o maior déficit de APPs conservadas, tanto em números absolutos, como em relação a sua superfície total (19,2%). No entanto, a APP do igarapé Paissandu foi a única que apresentou polígonos de solo exposto, localizados em zonas de interseção com a comunidade. O igarapé Irini é o curso d'água com a maior área de preservação permanente (91,1 ha), e com a maior porcentagem de cobertura nativa da microbacia (92,3%). Os igarapés sem identificação pouco contribuíram com a análise, por terem suas APPs agregadas a um único conjunto.

De modo geral, os polígonos degradados nos principais cursos d'água apresentam dimensões reduzidas, com média de 1,02 ha (Tabela 2). Esse padrão, caracterizado por manchas pouco concentradas, sugere que as condições locais podem favorecer processos de regeneração natural. A presença de áreas pequenas e dispersas, quando associada à proximidade com fragmentos de vegetação remanescente, tende a ampliar a conectividade ecológica e a facilitar a recuperação de funções ambientais essenciais, como a proteção do solo, a regulação hídrica e a manutenção da biodiversidade (Fahrig, 2003).

Tabela 2 - Estatística de déficits nas APP's dos principais igarapés da bacia, sendo Mín = valor mínimo, Máx = valor máximo, Med = média aritmética e Σ = desvio padrão.

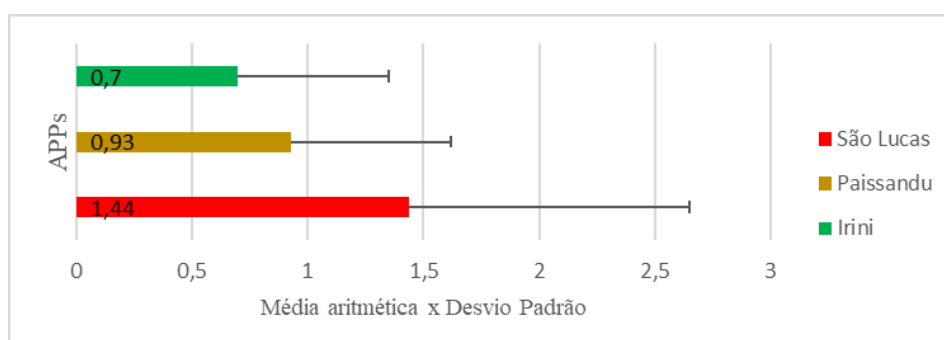
APP's de igarapés	Polígonos	Área (hectares)			
		Mín	Máx	Med	Σ
São Lucas	6	0,18	3,33	1,44	1,21
Paissandu	5	0,09	1,71	0,93	0,69
Irini	9	0,09	1,89	0,70	0,65
Total	20	0,36	6,93	1,02	0,31

Fonte: O Autor (2025).

Individualmente, o São Lucas apresentou as áreas degradadas com maior média (1,44 ha) e desvio padrão (1,21 ha). Isso indica maior variabilidade na área, alguns polígonos são muito maiores que a média, outros muito menores. Já o Irini apresentou a menor média e o menor desvio padrão, indicando que as áreas degradadas nesse igarapé são mais uniformes em tamanho. A amplitude observada entre os valores mínimos e máximos (0,09–3,33 ha) indica que não há homogeneidade plena entre as APPs, mas sim a coexistência de manchas de degradação de diferentes dimensões ao longo da microbacia.

Nesse sentido, considerando que os igarapés apresentam padrões distintos de degradação (Figura 10), torna-se interessante aprofundar a discussão sobre a adoção de diferentes estratégias de recuperação. Segundo Brancalion & Holl (2020), grandes áreas degradadas, como em São Lucas, podem demandar ações de restauração mais intensivas. Já polígonos pequenos, porém numerosos, como em Irini, podem exigir estratégias melhor distribuídas e focadas na prevenção de expansão da degradação.

Figura 10 - Média e desvio padrão dos déficits de APPs nos principais igarapés.



Fonte: O Autor (2025).

Os resultados indicam que a classe de agropecuária é a principal causa de déficits nos igarapés, estando presente em todas as APPs analisadas. A situação reforça a necessidade de

monitoramento contínuo e de assistência técnica nas comunidades, especialmente para a prevenção do uso de agrotóxicos e fertilizantes nas atividades produtivas, uma vez que esses insumos estão entre os principais responsáveis pelo aumento das concentrações de nutrientes, como o fósforo e nitrogênio, nos mananciais superficiais da Amazônia (Coelho, 2024).

O fato das APPs degradadas nos igarapés estarem distribuídas principalmente à montante da rodovia também é um aspecto relevante. Como essas áreas correspondem às cabeceiras dos cursos d'água, há uma tendência de que sedimentos e contaminantes sejam transportados para jusante (Tundisi, 2008). Dessa forma, mesmo que apresentem pequenas dimensões, essas áreas podem gerar altos impactos hidrológicos em todo o ecossistema.

Santos (2025), em estudo sobre a qualidade da água nos igarapés do Irini e do Paissandu, observou que os teores de fósforo total ultrapassaram o valor máximo permitido (0,1 mg/L), com valores de até 0,92 mg/L, o que sugere possível aporte de efluentes domésticos ou agrícolas. As análises físico-químicas e microbiológicas também indicaram desconformidades com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para os parâmetros de pH, DBO e coliformes termotolerantes.

A presença de solo exposto na APP do igarapé Paissandu pode ser explicada pela sua proximidade com a comunidade. A ocorrência dessa classe demanda uma atenção especial, pois sinaliza a remoção da cobertura vegetal protetora, o que compromete funções ecológicas essenciais, como a contenção da erosão, a infiltração da água no solo e a manutenção da qualidade dos recursos hídricos (Cohen et. al, 2007).

Diante dos dados analisados, fica evidente que, embora parte expressiva das APPs da microbacia apresentem boas taxas de cobertura nativa, há déficits que apontam para a necessidade de ações de restauração ecológica, principalmente nos igarapés. Ao mesmo tempo, a conservação observada nas nascentes reforça a hipótese de que as comunidades locais exercem papel importante na proteção dos recursos hídricos, destacando o potencial das práticas tradicionais e da governança adaptativa nos assentamentos agroextrativistas.

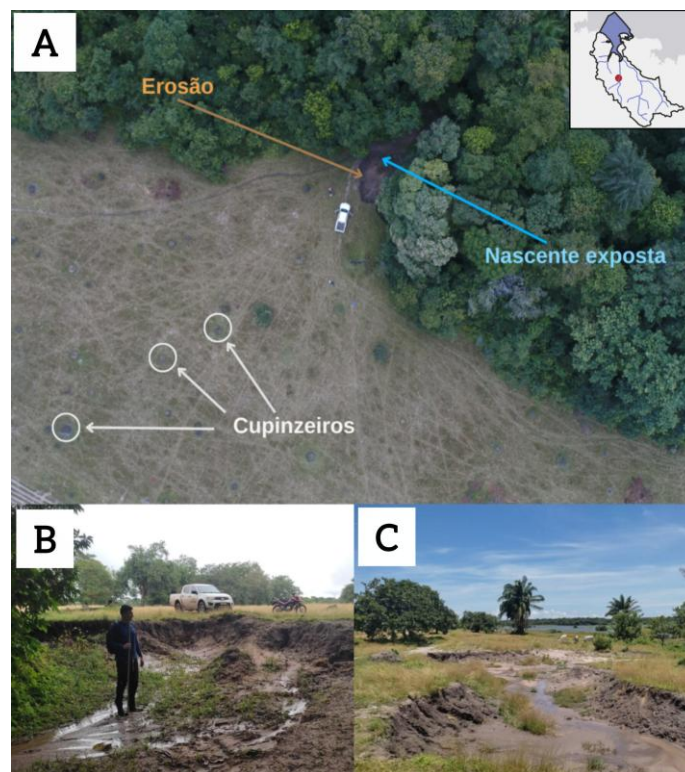
4.3 Tipos de uso em APPs: o caso do igarapé do Paissandu

Os ortomosaicos obtidos por drones cobriram uma área total de 6,36 km², abrangendo 89,2% da área total da APP do Igarapé do Paissandu (ver Figura 9). Também houve interseções com as APPs do igarapé do Irini e com a Enseada São Vicente (4,3 % e 10,1% de interseção,

respectivamente). Analisando as imagens processadas e com base nos dados de campo, foram identificados quatro tipos de uso: (I) pontes e estradas de acesso; (II) edificações domésticas; (III) pecuária extensiva; e (IV) agricultura familiar.

A detecção de feições específicas atesta que algumas atividades podem gerar impactos ambientais significativos. Na Figura 11, é possível identificar uma delas, com foco em um ponto conhecido como “campo do Eddie”. Esse ponto apresenta um dos padrões observados para o uso de pecuária extensiva, onde animais domésticos de grande porte (bovinos, equinos), têm acesso livre aos corpos d’água, sendo potenciais agentes dos processos de erosão e assoreamento das nascentes. Na imagem, a elevada frequência de cupinzeiros é um forte indicativo de compactação do solo, pois estes insetos têm um longo histórico de proliferação em ambientes alterados (Cesar et. al, 1986).

Figura 11 - A - imagem aérea da nascente exposta no “campo do Eddie”; B - imagem de campo da mesma nascente; C - erosão identificada em ponto à jusante.



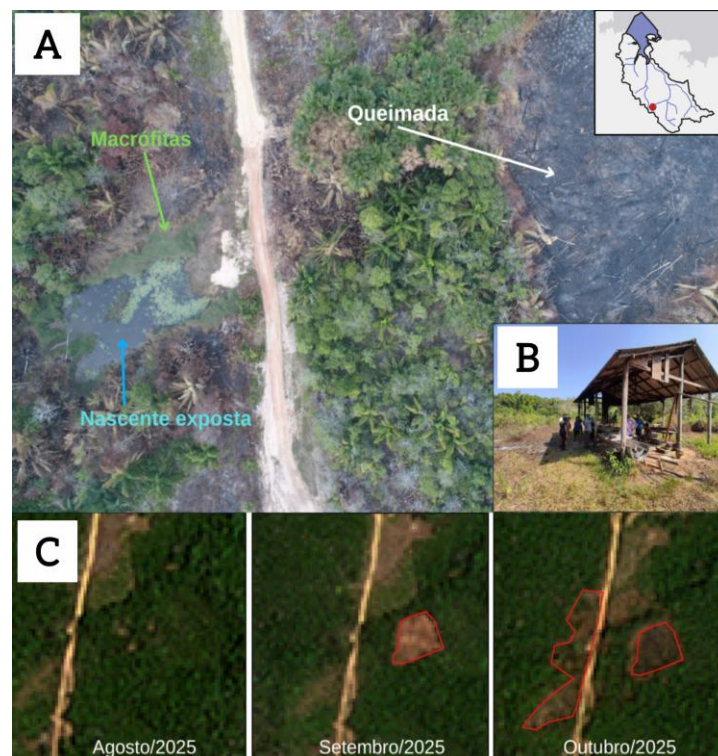
Fonte: Acervo GEAGAA (2025).

É importante destacar que o Código Florestal Brasileiro admite determinadas intervenções em APPs (BRASIL, 2012; p.4, art. 3º). No caso da pecuária, a dessedentação de animais pode se enquadrar como atividade de baixo impacto ambiental, mas não abrange o uso contínuo da APP como área de pastejo. Essa análise jurídica evidencia a linha tênue entre o uso permitido e a degradação ambiental.

Apesar do acesso de animais às APPs não ser autorizado, o CFB acaba não apresentando nenhuma regulamentação específica para diferenciar a prática irregular de pecuária da prática de dessedentação. A ausência de cercamento, de qualquer forma, faz com que o gado ande livremente na área de proteção, pisoteando e compactando o solo, impedindo a infiltração da água e dificultando a regeneração da vegetação. Sem a cobertura vegetal ripária, a radiação solar atinge diretamente a lâmina d'água, modificando o microclima local. Fargasova (2015), cita que nascentes expostas à radiação solar tendem a apresentar aumento da temperatura da água, alterações na qualidade físico-química e redução de sua biodiversidade associada.

Na agricultura familiar, as imagens também atestaram padrões de produção típicos da área de estudo, como a roça de coivara. Segundo o Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do PAE Lago Grande (FASE, 2019), a coivara é uma prática comum a todas as comunidades, consistindo no manejo de pequenas áreas de floresta, com a utilização do fogo para limpeza, articulado a períodos de repouso do solo e rotatividade de culturas. Entretanto, em um ponto de uma localidade conhecida por “Serrotão”, foi observada outra nascente exposta a menos de 50m de uma área aberta para fins de cultivo (Figura 12).

Figura 12 - A - imagem aérea da “nascente do Serrotão”; B - casa de farinha a 200m da nascente; C - multitemporal na área afetada por incêndios.

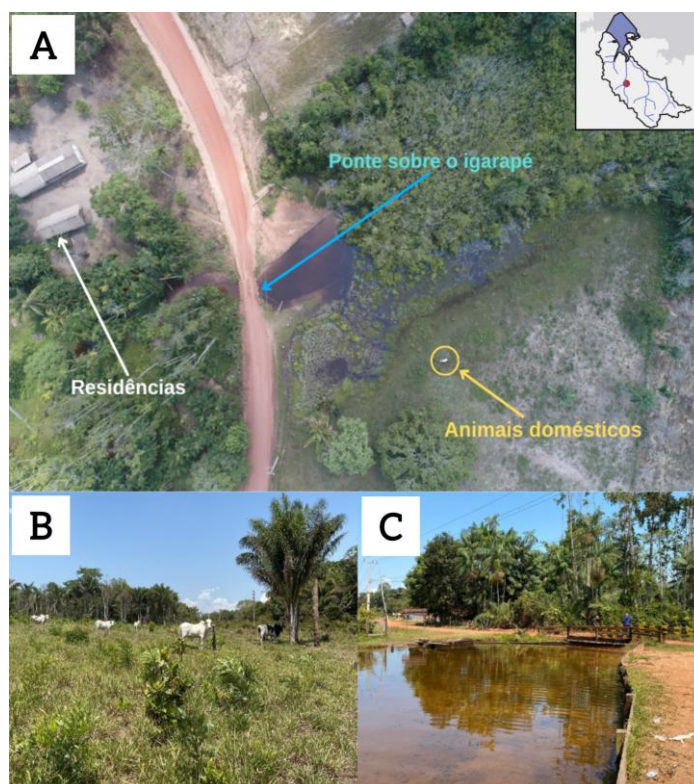


Fonte: Acervo GEAGAA (2025).

O Plano de Utilização das Comunidades do PAE Lago Grande estabelece regras claras para o manejo do fogo, condicionando a abertura de roçados à prática da queimada controlada (FEAGLE, 2018). No entanto, na imagem, é possível notar que o incêndio, mesmo que accidental, atingiu boa parte da cobertura nativa da APP, um cenário possivelmente agravado pelo fato de ter ocorrido durante a estação seca, quando a vegetação está mais suscetível ao fogo. A queima da vegetação desprotege o solo, um processo que, segundo a Embrapa (2020), facilita o transporte de cinzas para os corpos d'água e estimula a eutrofização. Fica evidente, assim, que períodos de vulnerabilidade climática podem demandar maiores esforços de prevenção.

A presença de estradas em APP's é outro tipo de uso observado que compromete a função ecológica dessas faixas. Em outro trecho do igarapé do Paissandu, conhecido por "Balneário do Elias", é possível notar o "estrangulamento" do canal (Figura 13) à direita da ponte que intercede a PA-257. Esse fenômeno ocorre devido a deficiências na infraestrutura hidráulica, que pode não ser adequada para a vazão do igarapé e acaba reduzindo a seção transversal útil para o escoamento da água (DENIT, 2006).

Figura 13 - A - imagem aérea de trecho do "balneário do Elias"; B - presença de gado próximo ao curso d'água; C - estrangulamento do canal principal.



Fonte: Acervo GEAGAA (2025).

Observou-se que a facilidade de acesso gerada pelas estradas favoreceu a circulação de pessoas e animais domésticos dentro da faixa da APP. No próprio trecho citado, há intervenções caracterizadas como de uso doméstico, ou seja, moradias e/ou edificações que estão dentro do limite definido (30m) pelo CFB como área de proteção. Todavia, é importante destacar que a presença de tais feições, por si só, não caracteriza irregularidade com a legislação ambiental, podendo ser enquadradas como atividades de interesse social, desde que não interfiram nas funções ecológicas da APP (Peters & Panasolo, 2012). No caso da área de estudo, foi observado que muitas dessas casas de comunitários são de pequenas dimensões ($<70\text{m}^2$), com estruturas simples e possivelmente construídas há mais de 2 décadas.

Faz-se necessária a realização de estudos técnicos mais aprofundados sobre as construções de utilidade pública em áreas de proteção ambiental, a fim de compreender seus efetivos danos e propor medidas mitigadoras adequadas. Essa necessidade torna-se ainda mais urgente considerando que a PA-257 não é pavimentada, e que futuros projetos de infraestrutura viária podem potencializar os impactos ambientais, caso não sejam devidamente planejados. Conforme orienta o Manual para Atividades Rodoviárias Ambientais (DENIT, 2006), obras dessa natureza devem ser precedidas por estudos hidrológicos, contemplar dimensionamento hidráulico adequado e assegurar a manutenção periódica das estruturas de drenagem, de modo a garantir que a capacidade de escoamento seja compatível com vazões extremas

O levantamento com drones permitiu que elementos de escala muito fina fossem observados, consolidando essa tecnologia como um recurso estratégico e inovador para o monitoramento ambiental. Brasil (2012), já indicava a fotointerpretação como uma técnica eficiente para o monitoramento de APPs, especialmente pela possibilidade de identificar feições de pequeno porte, como áreas de regeneração natural, processos erosivos iniciais e intervenções antrópicas de difícil detecção por imagens de satélite.

A abordagem fortalece a integração entre dados orbitais e sensores de alta resolução para mapeamentos mais precisos na escala de bacia hidrográfica. A identificação dos tipos de intervenção nas APPs degradadas demonstra que mesmo práticas associadas à produção familiar podem comprometer a integridade ambiental, principalmente devido à deficiência de políticas públicas e ao descumprimento da legislação. Essa discussão abre espaço para a elaboração de propostas que possam ajudar na busca por melhores práticas de gestão dentro do território do PAE Lago Grande.

4.4 Propostas de recomendação

Com base nos resultados já abordados, foram formuladas três propostas de recomendação para a bacia hidrográfica do Paissandu, visando à restauração florestal e à promoção de benefícios ambientais, econômicos e sociais para as comunidades tradicionais diretamente envolvidas: I – recuperação das áreas de preservação permanente; II – busca por modelos de produção de menor impacto e III - adesão à legislação ambiental e protocolos de autogestão.

4.4.1 Recuperação das áreas de preservação permanente

Apesar das APPs degradadas cobrirem uma extensão significativa (208 ha), devido a presença de grandes áreas consolidadas de pastagens na enseada São Vicente, no caso dos igarapés e nascentes o déficit de cobertura nativa é de cerca de 22 hectares. Como as condições ambientais observadas na bacia hidrográfica já permitem a regeneração natural dessas áreas, a adoção de medidas corretivas voltadas para estimular a conectividade florestal configura-se como uma prioridade estratégica de restauração a curto e médio prazo.

Entre essas medidas, é imprescindível o cercamento das APPs. Ao impedir atividades como pastoreio, agricultura ou trânsito de pessoas, a prática cria condições favoráveis à germinação de sementes, ao crescimento de plântulas e ao restabelecimento da vegetação nativa. Além disso, reduz a necessidade de plantios intensivos e de manutenção constante, associando eficiência ecológica à economia e garantindo maior retorno ambiental por hectare restaurado (Chazdon, 2014).

Nesse sentido, o trabalho de Barbieri et al. (2023), referente ao Plano Estadual de Recuperação da Vegetação Nativa do Estado do Pará, fornece uma visão atualizada dos custos de recuperação florestal na Amazônia em diferentes cenários. Na Tabela 3, são apresentados esses valores, permitindo compreender os custos e impactos das intervenções propostas para as APPs. Estão incluídas todas as etapas do processo de restauração, como cercamento, preparo do solo e implantação de mudas.

Tabela 3 - investimento/hectare estimado para diferentes métodos de restauração florestal no estado do Pará.

Valor (R\$/ha)	Plantio total	Semeadura total	Plantio para exploração	RNA enriquecimento	RNA isolamento
Cercamento	3.500	3.500	3.500	3.500	3500

Preparação do solo	2.750	1250	1.250	-	-
Preparação química	1.225	-	1.225	-	-
Entrega de mudas	3.300	-	6.000	1.490	-
Entrega de sementes	-	1.380	-	-	-
Plantio	7.070	2.000	7.070	2.800	-
Custo total	17.845	8.130	20.525	8.175	3.500

Fonte: PVRN -P (2023), com adaptações do Autor (2025).

Conforme os dados acima, a recuperação das APPs por meio do cercamento e estímulos à regeneração natural configura uma estratégia viável, eficiente e de baixo custo relativo, capaz de restabelecer a conectividade florestal e recuperar funções ecológicas essenciais. Ao associar ganhos ambientais significativos à redução de esforços de manutenção, essa abordagem serve como um ponto de partida sólido para a restauração da bacia.

Vale ressaltar que a resposta das áreas degradadas a esse tipo de intervenção pode variar conforme as condições ambientais. Em áreas com alto grau de compactação causada pelo pisoteio bovino, o cercamento isolado pode não garantir o sucesso da regeneração natural. Nesses casos, recomenda-se a aplicação de técnicas de manejo do solo, como a subsolagem, que utiliza hastes metálicas para descompactar o solo em profundidade e restabelecer suas condições físicas naturais. Este procedimento aumenta a infiltração da água, a oxigenação e a penetração das raízes, criando condições favoráveis à regeneração (Silva; Dias, 2019).

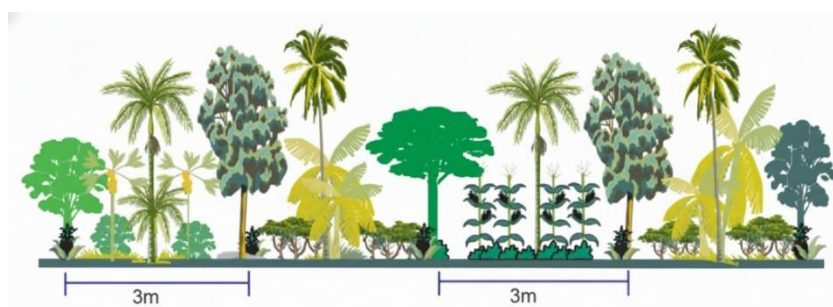
Paralelamente, sugere-se o plantio ou semeadura direta de espécies leguminosas pioneiras de rápido crescimento. Essas espécies desempenham múltiplas funções ecológicas: seus sistemas radiculares agressivos auxiliam na reestruturação física e estabilização do solo, enquanto sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico enriquecem um substrato muitas vezes empobrecido (Campello; Resende, 2017). Ao melhorar a qualidade físico-química do solo e criar um microclima mais ameno, essas pioneiras facilitam o recrutamento e desenvolvimento de outras espécies nativas oriundas do banco de sementes dos fragmentos próximos, representando uma estratégia de baixo custo de implantação e alta eficiência ecológica (Sá; Sampaio, 2020).

4.4.2 Busca por modelos de produção de menor impacto

A conversão histórica de formações florestais em agropecuária, sobretudo nas proximidades dos corpos hídricos, reforça a necessidade de práticas produtivas que conciliam produção e conservação. Nesse sentido, a implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) nas zonas de transição entre as áreas produtivas e as APPs também pode configurar uma estratégia capaz de promover a recuperação ambiental sem comprometer a segurança econômica das comunidades.

Um sistema agroflorestal é um modelo de uso da terra que integra, de forma intencional, espécies arbóreas (florestais, madeireiras ou frutíferas) com culturas agrícolas e/ou animais na mesma área de manejo (Oliveira et. al, 2010). Este sistema organiza as diferentes espécies com base tanto em um arranjo espacial, que define os espaçamentos entre os indivíduos e linhas de plantio, quanto em "andares" ou estratos verticais, como ilustrado na Figura 14 — desde plantas rasteiras e culturas anuais até arbustos, palmeiras e árvores emergentes.

Figura 14 - Representação esquemática da estrutura de um sistema agroflorestal.



Fonte: OLIVEIRA et. al (2010), com adaptações do Autor (2025).

Martorano (2025), em estudo de zoneamento topoclimático para subsidiar estratégias de conservação e o uso sustentável de florestas, aponta que a silvicultura com espécies nativas influencia positivamente no combate às mudanças climáticas, recuperando a biodiversidade e fortalecendo a resiliência das florestas frente a desastres naturais. Logo, a busca por modelos de produção de menor impacto permite alinhar e subsidiar políticas públicas voltadas aos compromissos internacionais do Brasil no Acordo de Paris, como a meta de reflorestamento de 12 milhões de hectares e participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética até 2030.

Essa proposta é compatível com os princípios agroecológicos previstos no plano de utilização do PAE Lago Grande, que estimula o manejo sustentável dos recursos naturais. Em bacias amazônicas, outras experiências também têm demonstrado que, quando manejados de

forma participativa, os SAFs podem se tornar ferramentas eficazes de inclusão social. Além de ajudarem a restaurar a cobertura vegetal em áreas degradadas, esses sistemas oferecem benefícios diretos às comunidades, como a diversificação da produção, o aumento da renda e a redução da dependência de práticas convencionais de alto impacto ambiental (Viana et al., 2021). Alguns órgãos como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), são referência nacional e podem fornecer assistência técnica especializada para implementar esses sistemas.

4.4.3 Adesão à legislação ambiental e protocolos de autogestão

Diante das intervenções identificadas nas APPs, é possível compreender que existe uma necessidade de fortalecer o conhecimento local sobre os limites legais das áreas protegidas. Dessa forma, torna-se importante estimular a adesão comunitária às legislações ambientais vigentes, — principalmente o Código Florestal Brasileiro — e aos protocolos de autogestão, como o Plano de Utilização do PAE. Essa adesão pode ser efetivada por meio de comitês locais ou núcleos de gestão ambiental comunitária, que desempenham papel estratégico na prevenção de infrações e promoção de práticas sustentáveis compatíveis com a realidade sociocultural da região (Rodrigues; Moraes, 2022), permitindo que todos compreendam não apenas as exigências legais, mas também seus fundamentos e os benefícios associados.

Pacheco et al. (2021) reforçam que a participação social qualificada é uma das principais condições para a efetividade das normas ambientais, pois permite que as comunidades assumam o protagonismo na defesa de seus territórios, evitando a criminalização de práticas tradicionais e fomentando soluções adaptadas à realidade local. A própria governança adaptativa praticada pelas comunidades amazônicas favorece esse modelo descentralizado de gestão, já que estas operam com base em normas sociais compartilhadas e alto grau de engajamento coletivo.

Nesse contexto, esta proposta prioriza o fortalecimento da aplicação prática do protocolo comunitário já existente, assegurando que suas diretrizes estejam alinhadas à legislação ambiental em vigência. Ao investir em processos de formação continuada e em espaços de diálogo que aproximem lideranças, associações locais e órgãos de fiscalização, amplia-se a capacidade de monitoramento coletivo, criando um ambiente mais favorável ao manejo sustentável dos recursos naturais.

4.5 Devolutivas e ciência participativa

O resumo das 3 propostas de recomendação compôs o relatório de políticas públicas “policy brief” Águas para a Vida: Diagnóstico Socioambiental da Bacia Hidrográfica do Paissandu, PAE Lago Grande, Santarém, Pará (de Cortes et. al, 2025). No dia 22 de março de 2025, em alusão ao Dia Mundial da Água, as primeiras cópias do documento, juntamente com os primeiros mapas produzidos, foram distribuídas para os alunos do ensino fundamental da Escola Municipal de Ensino Fundamental Tiago Xisto de Aragão, na comunidade Curuaí, em parceria com o Prof. Zidane Nogueira (Figura 15).

Figura 15 - A e B - devolutivas com alunos da escola Tiago Xisto de Aragão.



Fonte: Acervo GEAGAA (2025).

Em 07 de setembro de 2025, durante o desfile em comemoração à Independência do Brasil, a mesma escola teve a oportunidade de apresentar os materiais do projeto ao público da comunidade (Figura 16). Esse momento representou a socialização da temática ambiental em um espaço de grande visibilidade, possibilitando ampliar a sensibilização da comunidade local quanto às práticas de conservação dentro do eixo de bacias hidrográficas.

Figura 16 - Alunos da escola Tiago Xisto de Aragão apresentando os resultados.



Fonte: Acervo GEAGAA (2025).

Nos dias 23 a 25 de maio de 2025, em evento intitulado “Pré-COP 30 do PAE Lago Grande: a COP da Juventude da Floresta”, mais de 100 cópias do relatório foram distribuídas para as lideranças e comunitários participantes. As oficinas foram lideradas pelo Prof. Dr. João Paulo de Cortes e pelos bolsistas do projeto, dentro na comunidade de Vila Brasil, no Rio Arapiuns (Figura 17). Além da discussão do relatório técnico, foram doados diversos materiais didáticos, incluindo cartilhas, mapas e maquetes 3D, com o objetivo de subsidiar ações de ensino e mobilização social no âmbito do PAE Lago Grande.

Figura 17 - A a C - devolutivas no evento Pré-COP 30 PAE Lago Grande.

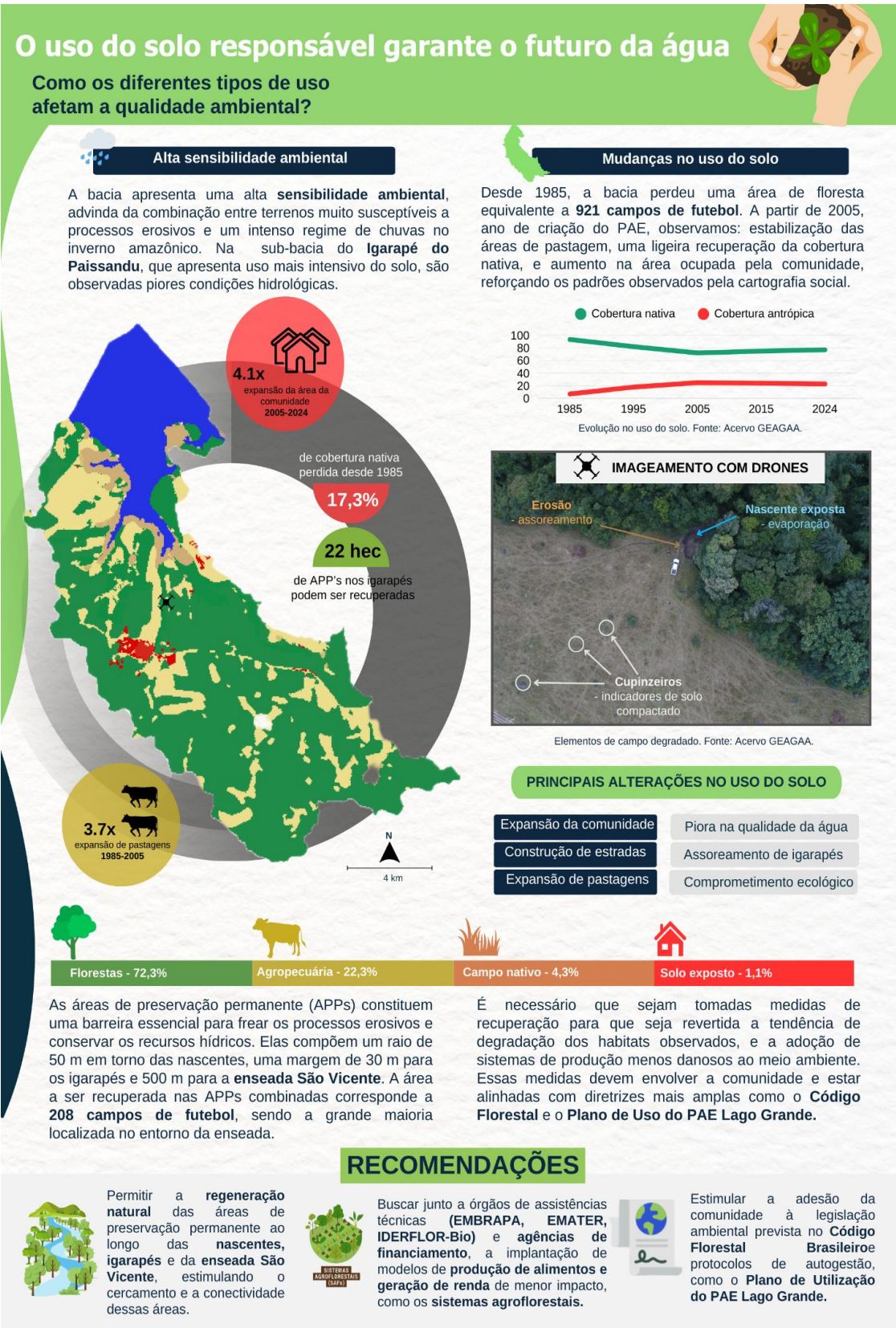


Fonte: O Autor (2025).

Frequentemente, pesquisas desenvolvidas em territórios tradicionais não retornam às populações que contribuíram com informações, percepções e experiências, o que limita o impacto social dos estudos (Souza; Castro, 2017). Neste caso, entretanto, houve a preocupação em apresentar os produtos de forma acessível, possibilitando que os próprios moradores se reconheçam como agentes de transformação em sua realidade socioambiental. Isso reforça a legitimidade do trabalho e estimula que as já discutidas propostas de recomendação sejam realmente incorporadas às práticas locais de manejo do território.

A partir dessas ações, foi possível socializar os principais resultados deste trabalho, valorizando não apenas a dimensão científica, mas também o compromisso ético com as comunidades locais. A publicação do policy brief (Figura 18) assegurou que cada uma das mensagens-chave pudesse alcançar públicos diversos, inclusive jovens e lideranças comunitárias, reforçando a centralidade do tema para a segurança hídrica. Assim, a devolutiva se consolida como etapa estratégica não apenas de compartilhamento, mas também de fortalecimento da governança socioambiental para a bacia hidrográfica do Paissandu.

Figura 18 - Sessão do Relatório de Recomendações de Políticas Públicas (policy brief) discutindo os resultados de uso do solo na bacia e apontando recomendações.



Fonte: de Cortes et. al (2025).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal da bacia hidrográfica do Paissandu demonstrou que, apesar da perda histórica de vegetação nativa devido ao avanço da agropecuária, a região mantém 72,3% de cobertura florestal, configurando um percentual significativo de conservação quando comparado tanto a outras bacias da Amazônia quanto às localizadas em outros biomas. A criação do PAE Lago Grande representou um marco importante na regulação do uso do solo, ao implementar um modelo de governança territorial capaz de conter o desmatamento em larga escala na região.

O uso integrado de satélites e drones mostrou-se eficaz para identificar tanto as tendências históricas, quanto as pressões atuais sobre os recursos hídricos, qualificando a etapa de diagnóstico do uso do solo e apontando áreas prioritárias para restauração. Nas APPs dos igarapés e nascentes, os déficits identificados somaram pouco mais de 22 hectares. O padrão observado mostrou uma dinâmica de degradação pontual e fragmentada, indicando um cenário favorável para os processos de regeneração natural e viável para modelos de recuperação ativa das áreas de APPs, fortalecendo a segurança hídrica da comunidade.

A ciência participativa, desenvolvida através da construção coletiva das propostas de recomendação e, sobretudo, da devolução dos resultados do projeto "Águas Para a Vida" em diferentes ocasiões para a comunidade e lideranças locais, possibilitou a socialização dos principais resultados, garantindo que fossem apropriados pelas próprias comunidades e usados como ferramentas de mobilização e educação ambiental, favorecendo um cenário de gestão territorial local.

Conclui-se que a restauração florestal na bacia é viável e estratégica, podendo ser plenamente conduzida de forma participativa e escalável para outras bacias no PAE Lago Grande e territórios análogos na Amazônia brasileira. No entanto, é fundamental que o processo de titulação e regularização fundiária do PAE Lago Grande seja concluído, para que as comunidades tenham acesso a políticas públicas de qualidade e garantam a gestão de seu território. O estudo deixa como contribuição um modelo metodológico replicável em outras bacias amazônicas, além de fortalecer um modelo de desenvolvimento onde os modos de vida tradicionais são a base para o bem-viver das futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14724: Informação e documentação. Trabalhos Acadêmicos - Apresentação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno de. **Terras tradicionalmente ocupadas: processos de territorialização e movimentos sociais.** Manaus: PPGSCA/Ufam; São Paulo: ANPOCS, 2008.
- BRANCALION, P. H. S.; HOLL, K. D. **Restoration of biodiversity and ecosystem services in tropical forests.** Science, v. 368, n. 6493, p. 618-623, 2020. DOI: 10.1126/science.aaz9463.
- BRASIL, Guilherme Gomes. **Monitoramento ambiental com a utilização de aeronaves remotamente pilotadas (VANTs) na identificação de áreas antrópicas em Áreas de Preservação Permanente (APPs).** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997.
- CALIJURI, Maria do Carmo e BUBEL, Anna Paola Michelano. **Conceituação de microbacias.** As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. Tradução . São Carlos: RiMa, 2006. . . Acesso em: 18/05/2025.
- CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S. de. **O uso de leguminosas na restauração ecológica de áreas degradadas.** In: MARTINS, S. V. (Org.). Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 115-138.
- CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil.** Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020.
- CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Nota Técnica - Monitoramento da Seca na Amazônia.** São José dos Campos: CEMADEN/MCTI, 2024.
- CESAR, Helda Lenz; BANDEIRA, Ademar Gomes; OLIVEIRA, José Gerardo Bezerra de. **Estudo da relação de cupins e seus ninhos com a vegetação de campos no Estado do Pará, Brasil.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, v. 2, n. 2, p. 119–139, jun. 1986. Disponível em: <https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/599> Acesso em 09/2025.
- CHAZDON, R. L. **Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation.** Chicago: University of Chicago Press, 2014.

COELHO, Rosana. **Distribuição e variabilidade de nutrientes em bacias hidrográficas da Amazônia: uma análise bibliométrica**. 2024. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi; Embrapa; Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2024.

COHEN, Julia Clarinda Paiva; BELTRÃO, Josivan da Cruz; GANDU, Adilson Wagner; SILVA, Renato Ramos da. **Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia**. Ciência e Cultura (SBPC), São Paulo, v. 59, p. 36-39, 2007.

DE CORTES, J.P; LESS, D. F. S; SOUSA, E. C. S.; RODRIGUES, P. V. M; MARTINEZ, D. A; MORENO, M. A. G. **Águas Para A Vida: Diagnóstico Socioambiental da Bacia hidrográfica do Paissandu, PAE Lago Grande, Santarém, Pará**. Relatório de Políticas Públicas. Junho de 2025, Universidade Federal do Oeste do Pará.

DENIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual para atividades rodoviárias ambientais**. Rio de Janeiro, 2006.

DIEGUES, Antonio Carlos. **O mito do progresso e a natureza intocada**. São Paulo: NUPAUB/USP, 2000.

EMBRAPA. **Queimadas e recursos hídricos: efeitos das cinzas sobre os ecossistemas aquáticos**. Embrapa Notícias, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56780861/--queimadas-e-recursos-hidricos-efeitos-das-cinzas-sobre-os-ecossistemas-aquaticos?>. Acesso em 13/08/2025.

FAHRIG, Lenore. **Effects of habitat fragmentation on biodiversity**. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 34, p. 487-515, 2003.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations; WRI – World Resources Institute. **The Road to Restoration: A Guide to Identifying Priorities and Indicators for Monitoring Forest and Landscape Restoration**. Roma; Washington, DC: FAO; WRI, 2019.

FARGASOVA, A.; KOPRNAROVA, M. **Effects of UV-B radiation on aquatic ecosystems**. Photochemical & Photobiological Sciences, v. 14, n. 6, p. 1085–1100, 2015.

FASE, 2019. **Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do PAE Lago Grande**. 1a Edição, Santarém/PA.

FEAGLE. Projeto Agroextrativista Lago Grande. **O que é o PAE Lago Grande?** Ford Foundation, vol 1, 2019.

FIGUEIREDO, E. O. E FIGUEIREDO, S. M. de M.. **Planos de voo semiautônomos para fotogrametria com aeronaves remotamente pilotadas de classe 3**. Circular Técnica, v. 75, p. 1-56. Embrapa. 2018.

FOLHES, Ricardo T. **Cenários de mudanças no uso da terra na Amazônia: explorando uma abordagem participativa e multi-escala no PAE Lago Grande, em Santarém-Pará**. Dissertação. Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, UFPA. Belém, 2010.

HOOLER, et. al 2018. **Cadernos de geoprocessamento 9: Métodos, técnicas e equipamentos para o processo de reambulação de mapas**. Embrapa, 2018.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Assentamentos**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/assentamentos>. Acesso em 09/2025.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES: monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal por satélite**. São José dos Campos: INPE, 2023. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 05/09/2025.

MACIEL, J. S C et al. **Influências e Impactos da Estiagem de 2023 na Bacia do Amazonas**. IV END Encontro Nacional de desastres, 2023.

MAP BIOMAS, 2024. **"MapBiomass General "Handbook" - Documento de Base Teórica do Algoritmo (ATBD) - Coleção 9"**. Dados MapBiomass, V2.

MARTORANO, Lucietta Guerreiro et al. **Topoclimatic Zoning in the Brazilian Amazon: Enhancing Sustainability and Resilience of Native Forests in the Face of Climate Change**. *Forests*, v. 16, n. 6, p. 1015, 2025. DOI: 10.3390/f16061015.

OLIVEIRA, Nara Lina; JACQ, Clara; DOLCI, Maurício; DELAHAYE, Florian. **Desenvolvimento Sustentável e Sistemas Agroflorestais na Amazônia matogrossense**. *Revista Brasileira de Geografia*. Confins, n. 10, 2013.

PACHECO, R.; LIMA, F. J.; SILVA, M. T. **Participação social na gestão de APPs: caminhos para a efetividade da legislação ambiental**. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 10, n. 3, p. 66–80, 2021.

PETERS, Edson Luiz; PANASOLO, Alessandro. **Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente: à luz da nova Lei Florestal 12.651/12**. 1. ed. São Paulo: Indica Livros, 2012.

RAMOS, Lanna Paula. **Falta de regularização fundiária da PAE Lago Grande (PA) expõe lideranças à ameaças, aponta comunidade**. *Terra de Direitos*, 2024. Disponível em: <https://terradedireitos.org.br/noticias/noticias/falta-de-regularizacao-fundiaria-da-pae-lago-grande-pa-expoe-liderancas-a-ameacas-aponta-comunidade/24048>. Acesso em 08/2025.

RODRIGUES, A. C.; MORAES, L. A. **Governança ambiental e comunidades tradicionais: desafios para a implementação do Código Florestal em áreas protegidas**. *Revista Direito e Sociedade*, v. 10, n. 1, p. 110–128, 2022. DOI: 10.5380/rds.v10i1.89812.

SÁ, T. D. A. de; SAMPAIO, P. T. B. Espécies de leguminosas com potencial para recuperação de áreas degradadas na Amazônia. *Circular Técnica EMBRAPA*, Belém, n. 25, p. 1-30, 2020.

SANTOS, Miguel Augusto. **Análise da qualidade da água subterrânea e superficial na bacia do Paissandu, PAE Lago Grande, Santarém-PA**. Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas - ICTA. Trabalho de Conclusão de Curso, 2025.

SILVA, A. J.; DIAS, L. E. **Compactação do solo em pastagens degradadas e seus efeitos na regeneração florestal**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 43, e0180092, p. 1-17, 2019.

SILVA, M. D. S. R. et al. **Classificação dos rios da Amazônia: uma estratégia para preservação desses recursos**. *Holos Environment*, v. 13, n. 2, p. 163-174, 2012.

SKORUPA, L. A. **Áreas de Preservação Permanente: fundamentos e aplicação**. Curitiba: Juruá, 2004.

SOUZA, Ana Cláudia; CASTRO, Edna Ramos de. **A importância da devolutiva em pesquisas com populações locais: uma reflexão metodológica**. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 11, n. 1, p. 134-150, 2017.

STRASSBURG, Bernardo B. N.; BRANCO, Paulo; IRIBARREM, Álvaro et al. **Identificando Áreas Prioritárias para Restauração: Bioma Amazônia**. Rio de Janeiro: Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS), 2022.

TAPAJÓS DE FATO. **PAE Lago Grande: entenda porque este assentamento é diferenciado**. Notícias Tapajós de Fato, 2021. Disponível em: <https://www.tapajosdefato.com.br/noticia/552/pae-lago-grande>. Acesso em 09/11/2024.

THOMAS, Shaji. **Impacto da criação do projeto agroextrativista na gestão participativa dos recursos comuns na várzea Amazônica**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Pará, 2014.

TOMMASELLI, A. M. G.; BERVEGLIERI, A. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) para aquisição de dados geoespaciais**. In: VETTORAZZI, C. A. (org.). Geotecnologias na ciência florestal. Piracicaba: ESALQ, 2014. p. 123-150.

TUNDISI, J. G. **Limnologia: limnologia e gestão ambiental de corpos d'água interiores**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2008.

VIANA, C. et al. **Sistemas agroflorestais como estratégia de restauração florestal e segurança alimentar no bioma Amazônia**. Floresta e Ambiente, v. 28, n. 2, p. 1–11, 2021.

YOUNG, E, & Quinn, L. **Writing Effective Public Policy Papers: A Guide for Policy Advisers in Central and Eastern Europe**. Open Society Institute, 2002.

ANEXOS

Anexo 1 - Tabela multitemporal completa do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do
Paissandu

Anual	Classes	Pixels	Área (hec)	Área (%)
1985	Floresta	55.389	4.985,01	87,80%
	Campo nativo	3.471	312,39	5,50%
	Agropecuária	4.174	375,66	6,62%
	Solo exposto	57	5,13	0,08%
	Total	63.091	5.678,19	100%
1995	Floresta	49.137	4422,33	77,94%
	Campo nativo	2.489	224,01	3,95%
	Agropecuária	11.283	1015,47	17,90%
	Solo exposto	133	11,97	0,21%
	Total	63.042	5673,78	100%
2005	Floresta	45.713	4114,17	72,2%
	Campo nativo	2.087	187,83	3,3%
	Agropecuária	15.393	1385,37	24,3%
	Solo exposto	165	14,85	0,2%
	Total	63.358	5702,22	100,0%
2015	Floresta	46.081	4147,29	72,62%
	Campo nativo	2452	220,68	3,86%
	Agropecuária	14.589	1313,01	22,99%
	Solo exposto	329	29,61	0,52%
	Total	63.451	5710,59	100%
2024	Floresta	45.916	4.132,44	72,3%
	Campo nativo	2.713	244,17	4,3%
	Agropecuária	14.183	1.276,47	22,3%
	Solo exposto	735	66,15	1,1%
	Total	63.547	5.719,23	100%