

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

A INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DO SOLO NA QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PAISSANDU, REGIÃO DO LAGO GRANDE, EM SANTARÉM/PA

Paulo Vinícius Martins Rodrigues ¹; Diani Fernanda da Silva Less ²; João Paulo Soares de Cortes ³; Livia Carla Gonçalves Pinto ⁴; Miguel Augusto dos Santos ⁵;

Abstract: Surface water resources are essential sources of supply in the Amazon region. Therefore, monitoring water quality in these sources is essential to ensure water security and minimize impacts. This study aims to evaluate land use dynamics and determine the influence of degradation processes on the environmental quality of a watershed in the Lago Grande region of Santarém, Pará. The study analyzed physical and chemical variables at four collection points along the two main streams (Elias and Irini), which were then compared with CONAMA Resolution 357/2005. At the points analyzed, particularly in the Elias Stream, non-standard values were observed for phosphorus, biochemical oxygen demand (BOD), total coliforms, and E. coli. These parameters highlight potential impacts of agricultural and domestic activities, such as the use of agricultural inputs and sewage discharge, posing a serious risk to human health. Land use analyses confirmed that the Elias Stream sub-basin also has less native cover (73.4%) than the Irini Stream (81.3%). Thus, intensive land use negatively impacts the environmental quality of the Paissandu Basin.

Resumo: Os recursos hídricos superficiais constituem-se fontes essenciais de abastecimento na região Amazônica. Por esse motivo, torna-se essencial o monitoramento da qualidade da água nos mananciais, visando à segurança hídrica e à minimização de impactos. O presente estudo tem como objetivo avaliar a dinâmica do uso do solo e verificar a influência que os processos de degradação exercem na qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica na região do Lago Grande, em Santarém - PA. O trabalho consistiu na análise de variáveis físico-químicas em 4 pontos de coleta, ao longo dos dois principais igarapés (Elias e Irini), e foram então comparados com a Resolução 357/2005 do Conama. Nos pontos analisados, principalmente no Igarapé do Elias, foram observados valores fora dos padrões para fósforo, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e E. coli. Esses parâmetros evidenciam possíveis impactos das atividades agropecuárias e domésticas como o uso de insumos agrícolas e lançamento de esgoto, representando um sério risco à saúde humana. As análises de uso do solo reforçaram que a sub-bacia do igarapé Elias também possui menor cobertura nativa (73,4%) que a do igarapé Irini (81,3%). Assim, observa-se que o uso intensivo do solo tem influência negativa na qualidade ambiental da bacia do Paissandu.

Palavras-Chave – Segurança hídrica; uso do solo; impactos ambientais.

¹1) UFOPA - paulo.rodrigues@discente.ufopa.edu.br

²2) UFOPA - dianiless@ufopa.edu.br

³3) UFOPA - jpsdecortes@gmail.com

⁴4) UFOPA - liviacarlag@gmail.com

⁵5) UFOPA - augustto450@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A qualidade ambiental é compreendida como o equilíbrio entre os elementos que compõem a paisagem, alcançado por meio do ordenamento territorial e da conciliação entre os benefícios da vegetação e os diversos tipos de uso do solo, mediante um adequado planejamento (LIMA, 2011). Entre os instrumentos disponíveis para avaliar essa qualidade, destacam-se as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, as quais permitem o monitoramento espacial e temporal de áreas em diferentes escalas (ROSA, 2005).

No município de Santarém, no estado do Pará, as mudanças no uso da terra, associadas a eventos climáticos extremos, têm causado impactos significativos no meio ambiente e na qualidade de vida das populações locais. Essa realidade é evidente no Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE) da Gleba Lago Grande, onde mais de seis mil famílias desenvolvem atividades de agropecuária e extrativismo, que influenciam diretamente na ocupação do território e no uso dos recursos naturais (TAPAJÓS DE FATO, 2021).

Entretanto, quando essas práticas ocorrem de forma desordenada ou sem o devido planejamento, tornam-se um fator de pressão sobre o ciclo hidrológico, o escoamento superficial e a qualidade dos mananciais, contribuindo para o desequilíbrio ambiental da região (NUNES, 2015). Dessa forma, a análise do uso e cobertura do solo em escala de bacia hidrográfica, utilizando ferramentas de sensoriamento remoto, constitui-se em um valioso indicador para o diagnóstico e o monitoramento socioambiental.

Diante desse contexto, a bacia hidrográfica do igarapé do Paissandu foi a escolhida por refletir as dinâmicas de uso do solo típicas do PAE Lago Grande, pela acessibilidade para coleta de dados primários e ter importância estratégica para as comunidades locais. O objetivo do trabalho é analisar, por meio de sensoriamento remoto, as mudanças no uso e cobertura do solo entre 1985 e 2024, relacionando-as à qualidade ambiental dos mananciais a partir de parâmetros de qualidade da água em pontos-chave da bacia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

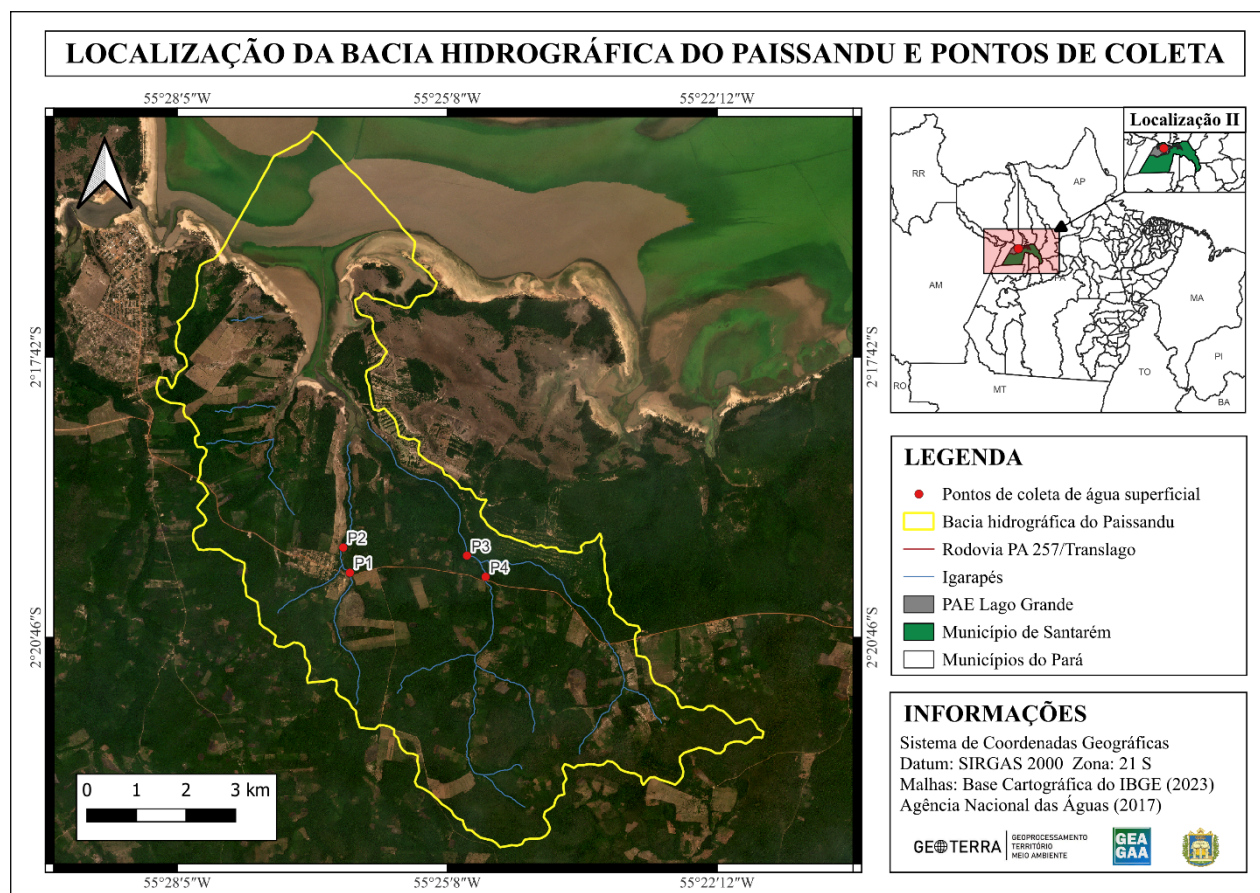
A bacia hidrográfica do Paissandu possui cerca de 5.719 hectares de extensão e está localizada na região do Baixo Amazonas, integrando o Projeto de Assentamento Agroextrativista - PAE Lago Grande, que abrange mais de 250 mil hectares do município de Santarém/PA (FEAGLE, 2019). Seus limites fazem divisa, ao norte, com o Lago Grande do Curuaí, ao sul, com as bacias que drenam para o Rio Arapiuns, e a oeste/leste com as 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 supera os 2.000 mm anuais, distribuídos em duas estações bem definidas. A estação chuvosa coincide com os meses de dezembro a junho, e a menos chuvosa, com os meses de julho a novembro (SILVA et al., 2012).

A vegetação é caracterizada por florestas de várzea e terra firme, além de áreas de ocupação da comunidade e mosaicos de atividades agropecuárias e/ou extrativistas. O sistema de drenagem é composto pelos igarapés que vão formar a enseada São Vicente. Tratam-se de dois cursos d'água

principais, o Igarapé Irini, que tem como afluente o São Lucas, e o Igarapé Paissandu. Ambos são cortados pela rodovia PA-257 “Translago”, sendo que o último é limítrofe à comunidade do Paissandu, onde segundo dados de ACS - Agentes Comunitários de Saúde, vivem cerca de 200 famílias.

Figura 1: mapa de localização da bacia hidrográfica do Paissandu (Autores, 2025).



2.2 Amostragem e coleta de água superficial

Para a análise de qualidade da água, foram selecionados quatro pontos amostrais ao longo da bacia no período da cheia. Os pontos foram escolhidos de modo a abranger o curso principal e seus afluentes, visando uma caracterização representativa da área de estudo. Foram realizadas análises in loco utilizando o Medidor Multiparâmetro (modelo AK87v2-AK88v2), com registro dos seguintes parâmetros: pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica. Além disso, foram coletados dados sobre profundidade e comprimento dos igarapés nos pontos amostrais.

Para a determinação das vazões, utilizou-se o método do flutuador, conforme a proposta da Embrapa. Foram estabelecidas seções transversais no leito dos igarapés, nas quais foram medidas as profundidades em diferentes pontos para o cálculo da área da seção transversal. O percurso do flutuador foi definido em um trecho de 6 metros, e os tempos de deslocamento foram registrados para calcular a velocidade média da água. Combinando esses dados, foi possível calcular a vazão, por meio da fórmula:

$$V = A . L . C / T \text{ (m}^3\text{/S)} \quad (1)$$

onde:

Q = Vazão (m³/s)

A x L x C= Altura, Largura e Comprimento (m)

T = Tempo (s)

As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro de 1 L com tampa e de 300 mL, devidamente higienizadas, e armazenadas em caixa térmica de isopor com gelo para garantir a refrigeração e preservação do material até a realização das análises laboratoriais. As análises de turbidez, cor aparente, cor verdadeira, fósforo, nitrato, nitrito e amônia foram conduzidas no Laboratório de Química Aplicada à Toxicologia, Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Já os parâmetros microbiológicos, incluindo *Escherichia coli* e coliformes totais, foram analisados por empresa privada.

Os procedimentos de coleta e acondicionamento seguiram as diretrizes do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011), assegurando a qualidade e representatividade das amostras para análise. Para a determinação dos parâmetros em laboratório, foram adotados os métodos analíticos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013).

Figura 2: A - participação comunitária na amostragem de campo; B – análise físico-química com o AK88v2; C – medições de largura e profundidade (Autores, 2025).



2.3 Análise de uso do solo por sensoriamento remoto

O mapeamento de uso e cobertura do solo foi realizado com o auxílio dos softwares QGIS 3.40 “Bratislava” e ArcGIS Desktop 10.5. Ambos já são amplamente utilizados pela comunidade acadêmica e profissional para a detecção de mudanças na paisagem e modelagem ambiental (HOLLER, 2018). O arquivo vetorial de referência da bacia hidrográfica e cursos d'água 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 MapBiomas 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 (Mapbiomas, 2024). Com uma série multitemporal, as imagens possuem 30m de resolução e mais de 105 camadas de informação anual, sendo consideradas suficientes para a escala da microbacia de estudo. Para a série multitemporal, foi escolhido o intervalo de 1985-2024.

A ferramenta Histograma Zonal, disponível no QGIS, é responsável pela conversão dos dados em formato raster, para dados em forma de planilha XLS no Microsoft Excel, contabilizando a exata quantidade de pixels em cada classificação. Como cada pixel corresponde a um polígono de 900m², a área total de cada arquivo vetorial, em um ano específico, é calculada através da função:

$$f(p) = 900 \cdot p \quad (2)$$

onde:

900 = coeficiente angular, área total em m² de um único pixel

p = variável x, quantidade total de pixels em uma única classe

f(p) = variável y, área total do vetor amostrado

Para definição das categorias de análise, fisionomias semelhantes foram unidas em uma única classe e regiões delimitadas por corpos d'água foram excluídas do quantitativo final. 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, através 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 e das sub-bacias por meio da extensão r.watershed. 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).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade da água

Durante as campanhas de campo realizadas no período de cheia, foram observadas variações significativas na vazão e nos parâmetros de qualidade da água dos corpos hídricos analisados (Tabela 1), refletindo a dinâmica hidrológica característica da região. As medições indicaram vazões elevadas, como no ponto P2, onde foi registrado um valor de 1,048 m³/s, resultado da intensificação das chuvas e do aumento no nível dos cursos d'água, o que amplia o volume e a velocidade do escoamento superficial.

As análises físico-químicas e microbiológicas revelaram desconformidades em relação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, com destaque para os parâmetros de pH, fósforo total, DBO e coliformes. O pH variou entre 4,73 e 5,54, valores compatíveis com a acidez natural dos igarapés amazônicos, conforme descrito por Sioli (1984). Os teores de fósforo total atingiram até 0,92 mg/L, superando o limite de 0,1 mg/L, o que sugere a influência de fontes difusas de poluição, como efluentes domésticos e escoamento agrícola, potencializando processos de eutrofização.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) apresentou valores entre 5,04 e 5,64 mg/L, indicando presença de matéria orgânica em decomposição, possivelmente oriunda de resíduos domésticos, dejetos animais e carreamento de material particulado. Além disso, os coliformes totais e *Escherichia coli* excederam os padrões em alguns pontos, com destaque para o Igarapé Elias, que apresentou 2.560 UFC/mL de coliformes totais e 1.440 UFC/mL de *E. coli*, apontando possível contaminação fecal e risco à saúde humana em usos múltiplos da água.

Tabela 1: Parâmetros físico químicos e microbiológicos nos igarapé do Elias e do Irini para o período chuvoso. Em vermelho, os valores em desacordo com a resolução CONAMA 357/2005 (Autores, 2025).

Parâmetros	Unidade	Igarapé Paissandu		Igarapé Irini		Intervalo de referência CONAMA 357
		P1	P2	P3	P4	
pH	-	4.92	5.54	4.73	4.89	6,0 a 9,0
Fósforo	mg/L	0.42	0.25	0.92	0,7	0,1 mg/L P
Condutividade	µS	7	9.4	8.6	7.8	-
Temperatura	°C	26.9	26.9	26.1	25.8	-
Nitrogênio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,0 mg/L N, para 7,5 <
Oxigênio Dissolvido	mg/L	6.5	6.5	6.7	6.7	-
Sólidos T. D.	mg/L	4.2	4.7	4.3	3.9	500 mg/L
Cor Verdadeira	mg Pt/L	<1	16	14,0	27,0	-
Cor Aparente	uH	40	55	30,0	40,0	-
Nitrito	mg/L	<1	<1	<1	<1	-
Turbidez	UNT	<1	<1	<1	<1	-
Nitrato	mg/L	1,82	1,04	0,9	0,9	-
DBO	mg/L	5.04	5.64	5.62	6.16	<5 mg/L O ₂
Coliformes Totais	UFC/mL	2.080	2.560	800	960	1000 mL
<i>Escherichia Coli</i>	UFC/mL	1280	1440	480	640	1000 mL

Esses resultados demonstram que, mesmo com o aumento da vazão e o maior potencial de diluição proporcionado pela cheia, há também intensificação do carreamento de poluentes para os corpos hídricos, especialmente nutrientes e microrganismos patogênicos. Tal cenário ressalta a

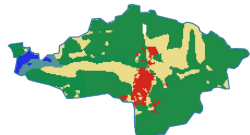
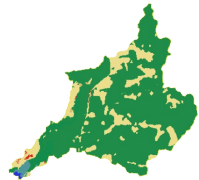
necessidade de atenção quanto à gestão da qualidade da água nesse período, em função do risco ambiental e sanitário associado à sazonalidade das chuvas na bacia.

3.2 Uso e cobertura do solo

A sub-bacia do igarapé Paissandu foi a mais afetada pelos processos de degradação ao longo dos últimos 39 anos, perdendo cerca de 26,6% de sua cobertura vegetal original (Tabela 2). Devido a sua localização estar dentro do núcleo populacional da comunidade, 84,7% de todos os polígonos de solo exposto (classe que abrange a área ocupada pelo núcleo populacional da comunidade) estão contidos nesta região, que apresenta alta intensidade de uso do solo.

A sub-bacia do igarapé Irini e afluentes, apesar de ter perdido a maior área absoluta de cobertura nativa (580,86 ha), teve o menor percentual de perda em relação a sua área total (18,63%). Seu tamanho, quase 3 vezes maior que a sub-bacia anterior, e o seu perfil de relevo bem mais acentuado, são alguns dos fatores que podem ter dificultado o acesso e exploração de seus recursos ao longo do tempo.

Tabela 2: Uso e cobertura do solo nas duas sub-bacias no período de 1985-2024 (Autores, 2025).

Sub-bacia	Classes	Área (hec)		Área (%)	
		1985	2024	1985	2024
 Igarapé Paissandu	Floresta	1091,93	843,21	92,09%	71,0%
	Campo nativo	35,64	28,08	3,01%	2,4%
	Agropecuária	53,01	260,46	4,47%	21,9%
	Solo exposto	5,13	56,07	0,43%	4,7%
	Total	1185,71	1.187,82	100%	100%
 Igarapé Irini	Floresta	2922,49	2.502,36	94,2%	80,2%
	Campo nativo	92,43	35,91	2,96%	1,2%
	Agropecuária	86,04	570,96	2,84%	18,3%
	Solo exposto	0,00	9,90	0%	0,3%
	Total	3100,96	3.119,13	100%	100%
GERAL	Floresta	4.985,01	4.132,44	87,80%	72,3%
	Campo nativo	312,39	244,7	5,50%	4,3%
	Agropecuária	375,66	1.276,47	6,62%	22,3%
	Solo exposto	5,13	66,15	0,08%	1,1%
	Total	5.678,19	5.719,23	100%	100%

Em ambas, a conversão de florestas para a classe de agropecuária foi a principal causa de desmatamento. A sub-bacia Irini possui aproximadamente 2,1 vezes mais pastagens do que a sub-bacia do Paissandu, que por sua vez possui 5,6 vezes mais áreas de solo exposto que a primeira. Não houve diferença significativa entre as formações de campo nativo, mas na sub bacia do Irini foi observado um papel importante na manutenção das florestas, abrigando mais de 60% do total.

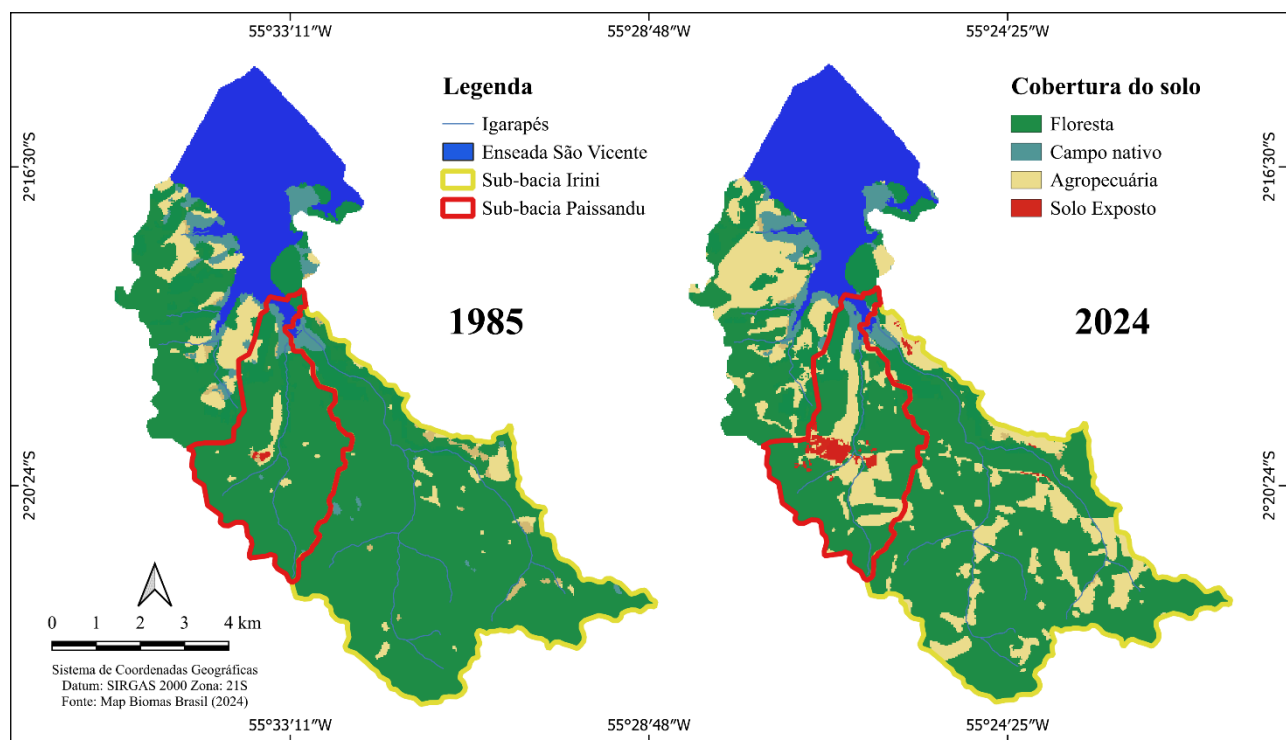
3.3 Relação entre uso do solo e qualidade da água

Os resultados obtidos sugerem uma associação entre o uso intensivo do solo e a degradação da qualidade da água nos corpos hídricos da microbacia do Paissandu. As sub-bacias dos igarapés Paissandu e Irini apresentaram contrastes quanto à cobertura vegetal e aos indicadores de qualidade da água, refletindo diferentes níveis de pressão antrópica.

Na sub-bacia do igarapé do Paissandu, onde foi registrada a menor cobertura florestal e o maior percentual de solo exposto (área da comunidade), observaram-se índices de qualidade da água com valores de fósforo, DBO e coliformes acima dos limites da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de classe II. Esses dados indicam a importância de se avançar em sistemas de saneamento mais adequados para a realidade local, além do maior cuidado com o uso de fertilizantes e recuperação da cobertura vegetal, com foco na vegetação ciliar.

Por outro lado, a sub-bacia do igarapé Irini, com maior cobertura florestal e menor área de solo exposto, apresentou condições ambientais mais favoráveis, mesmo tendo maior área absoluta destinada à agropecuária. Isso sugere que a manutenção da vegetação nativa tem papel decisivo na proteção dos mananciais, funcionando como barreira contra o assoreamento, a contaminação e a perda de qualidade hídrica — o que vai ao encontro das conclusões de Tundisi e Tundisi (2008), que ressaltam a importância da vegetação ciliar na regulação hidrológica e na retenção de poluentes.

Figura 3: mapa de uso e cobertura do solo na microbacia do Paissandu e nas sub-bacias dos igarapé do Elias e do Irini no período de 1985-2024 (Autores, 2025).



Os dados reforçam que a intensificação do uso do solo, especialmente em áreas próximas aos cursos d'água e sem a devida proteção vegetacional, exerce influência direta sobre os processos de

degradação da qualidade da água. A cobertura florestal atua como um indicador-chave da resiliência ambiental da bacia, e sua redução está diretamente relacionada ao aumento dos riscos sanitários, ecológicos e à vulnerabilidade hídrica das comunidades locais.

4. CONCLUSÃO

Através do uso do geoprocessamento, foi possível perceber as mudanças ocorridas na cobertura do solo na bacia ao longo das últimas décadas. Verificou-se a diminuição de áreas cobertas por florestas e o aumento das áreas cobertas por pastagem e solo exposto. A dinâmica de uso da bacia tende a acompanhar o crescimento da comunidade e sua consequente diminuição da vegetação nativa.

Conclui-se que o aumento das atividades de agropecuária e o crescimento da área ocupada pela comunidade, podem influenciar diretamente na qualidade da água da microbacia do Paissandu, uma vez que os parâmetros de qualidade da água apresentam maiores variações na sub-bacia que é próxima a comunidade.

O estudo da dinâmica do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas ao longo do tempo se mostra uma ferramenta importante para auxiliar na gestão dos recursos hídricos da região. Sugere-se então, visto a importância da bacia, ações de planejamento, monitoramento e fiscalização para que sejam tomadas medidas que garantam a conservação e a sustentabilidade hídrica dos igarapés.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10560: Águas - Determinação de nitrogênio amoniacal - Métodos de nesslerização, fenato e titulométrico. ABNT, 2013.
- TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 632 p.
- FASE, 2019. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do PAE Lago Grande. 1ª Edição/Pará.
- HOOLER, et. al 2018. Cadernos de geoprocessamento 9: Métodos, técnicas e equipamentos para o processo de reambulação de mapas.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: Agência Nacional de Águas, 2011.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu

enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. CONAMA, 2005.

LIMA, Valéria. “Do Mapa ao Modelo”: Representação da Qualidade Ambiental Urbana de Osvaldo Cruz/SP. In: Braz. Geografia em Questão, V.04, N. 01: 112-125, 2011.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 16, p. 81–90, 2005. DOI:10.7154/RDG.2005.0016.0009.

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, 2013.

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

NUNES, F. J. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, df/go, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.25-36, 2015.

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.