



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE GEOGRAFIA**

RODRIGO NATIVIDADE DOS SANTOS

**Análise espaço-temporal da dinâmica de uso e ocupação do solo na
sub-bacia do rio Maguari-Açu/PA**

ANANINDEUA - PA

2026

RODRIGO NATIVIDADE DOS SANTOS

**Análise espaço-temporal da dinâmica de uso e ocupação do solo na
sub-bacia do rio Maguari-Açu/PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Licenciado em Geografia.

Orientadora: Profª. Dra. Erneida Coelho de Araújo.

ANANINDEUA - PA

2026

RODRIGO NATIVIDADE DOS SANTOS

**Análise espaço-temporal da dinâmica de uso e ocupação do solo na
sub-bacia do rio Maguari-Açu/PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Licenciado em Geografia.

Orientadora: Prof^a Dra. Erneida Coelho de Araújo

Data da aprovação: 29/06/2026

Conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Erneida Coelho de Araújo (Orientadora)
Universidade Federal do Pará/FAGEO

Prof. Dra. Elisana Batista dos Santos (Examinadora)
Universidade Federal do Pará/ FAGEO

Prof^o Dr. Aureliano da Silva Guedes (Examinador)
Universidade Federal do Pará (FAQUIM)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a **Deus**, pela dádiva da vida, pela oportunidade de concluir esta graduação e por todo o cuidado, proteção e sustento ao longo dessa caminhada. Nos momentos de dificuldade, foi Ele quem me fortaleceu e guiou meus passos, conforme está escrito em Isaías 41:13: “Porque eu, o Senhor teu Deus, te tomo pela tua mão direita e te digo: não temas, eu te ajudo”. Assim, reconheço que esta conquista só foi possível pela sua graça, direção e fidelidade em todos os momentos, gratidão meu Abba Pai.

A minha família, base essencial de tudo, inicio agradecendo à minha mãe, **Elinete Natividade**, por sempre acreditar em mim e por ser minha maior incentivadora, esta conquista é sua. Ao meu pai, **Osmarino Santos**, pelo cuidado, apoio nessa trajetória. À minha esposa, **Flávia Jaqueline**, pelo amor, companheirismo, paciência e incentivo constante, sendo fundamental em todos os momentos dessa caminhada te amo, obrigado por tudo. Aos meus irmãos, **Elionete, Rondinelio, Emilly e Jayane**, por estarem sempre ao meu lado, compartilhando e fortalecendo essa jornada, os melhores irmãos do mundo. Aos meus sobrinhos, **Sarah, Alanna, Miguel, David e Elanno**, por serem fonte de alegria, leveza e motivação em minha vida. Às minhas **tias**, por todo cuidado, apoio e atenção ao longo desse percurso, com um agradecimento especial à tia Drica ou melhor **Dra. Elizandra**, por ser uma peça fundamental nesse processo, minha sincera gratidão a você tia. **Aos meus avós**, tanto maternos quanto paternos, por todo amor, ensinamentos e valores transmitidos, que contribuíram para a formação de quem sou hoje.

Aos meus amigos(as), por sempre acreditarem em mim e me incentivarem a continuar, e aos **colegas da faculdade**, pelo apoio, companheirismo e partilha de conhecimentos ao longo desta caminhada acadêmica.

A minha orientadora, **Dra. Erneida**, pela paciência, dedicação, orientação e por todo o suporte oferecido, sendo essencial para a concretização deste trabalho, gratidão professora.

RESUMO

Este trabalho analisou os impactos ambientais decorrentes da construção da Avenida Radial Norte na sub-bacia do rio Maguari-Açu, em Ananindeua (PA), com foco na dinâmica de uso e cobertura do solo entre 2012 e 2024. Partiu da ideia de que a urbanização acelerada, sem planejamento adequado, provoca alterações significativas nos sistemas naturais, especialmente em bacias hidrográficas. O objetivo foi identificar os principais impactos ambientais e compreender as transformações espaciais, com destaque para as Áreas de Preservação Permanente (APPs). A metodologia baseou-se em revisão bibliográfica, trabalho de campo e na integração de análise espaço-temporal com geoprocessamento (dados do TOPODATA e MapBiomas), permitindo delimitar a sub-bacia, identificar as mudanças no uso do solo e avaliar as condições ambientais ao longo do tempo. Os resultados mostraram que a Avenida Radial Norte atuou como vetor de expansão urbana, ampliando áreas urbanizadas e reduzindo a cobertura vegetal. Observou-se aumento da ocupação irregular, especialmente em APPs, comprometendo funções ecológicas como a proteção hídrica, estabilidade do solo e biodiversidade. Também foram identificados problemas como maior escoamento superficial, poluição dos cursos d'água, assoreamento e alagamentos. Contudo, os impactos evidenciam fragilidades na gestão ambiental, indicando a necessidade de planejamento urbano integrado, recuperação de APPs e maior participação social, visando à sustentabilidade e à melhoria da qualidade de vida.

Palavras-chave: Urbanização; Impactos ambientais; Bacia hidrográfica; Áreas de preservação permanente.

ABSTRACT

This study analyzes the environmental impacts resulting from the construction of the North Radial Avenue in the Maguari-Açu River sub-basin, located in Ananindeua, focusing on land use and land cover dynamics between 2012 and 2024. The research is based on the premise that accelerated urbanization, when carried out without proper planning, causes significant changes in natural systems, especially in hydrographic basins. The objective is to identify the main environmental impacts and understand the spatial transformations, with emphasis on Permanent Preservation Areas (PPAs). The methodology was based on the integration of spatio-temporal analysis and geoprocessing techniques (using TOPODATA and MapBiomas data), fieldwork, and bibliographic review, allowing the delimitation of the sub-basin, the identification of land use changes, and the assessment of environmental conditions over time. The results indicate that North Radial Avenue acted as a vector of urban expansion, increasing urbanized areas and reducing vegetation cover. An increase in irregular occupation was observed, especially within PPAs, compromising ecological functions such as water resource protection, soil stability, and biodiversity conservation. Problems such as increased surface runoff, water pollution, sedimentation, and flooding were also identified. The impacts observed reveal weaknesses in environmental management, highlighting the need for integrated urban planning, restoration of PPAs, and greater social participation in order to promote sustainability and improve quality of life.

Keywords: Urbanization; Environmental impacts; Hydrographic basin; Permanent Preservation Areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Area de Estudo.....	19
Figura 2. Parque vila Maguary.....	23
Figura 3. Elementos observados in loco na sub bacia do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA.....	27
Figura 4. Apresenta o detalhamento de situações específicas observadas ao longo do eixo da Avenida Radial Norte.....	31
Figura 5. Uso e cobertura do solo da sub bacia do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA.....	33
Figura 6. Áreas de preservação Permanente (APPs) da sub bacia sub bacia do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA.....	36

LISTA DE SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CFB	Código Florestal Brasileiro
DEM	Digital Elevation Model (Modelo Digital de Elevação)
EOSDA	Earth Observing System Data Analytics
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEFLOR-Bio	Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Pará
QGIS	Quantum Geographic Information System
SEMAS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil
UFPA	Universidade Federal do Pará
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Especificos.....	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3.1 Urbanização e impactos ambientais em áreas de bacias Hidrográficas	12
3.2 Bacias hidrográficas como unidades de planejamento ambiental.....	13
3.3 A sub-bacia do rio Maguari-Açu e a Radial Norte.....	14
3.4 Parque cultural Vila Maguary (acesso ao parque das populações do entorno).....	15
3.5 Área de Preservação Permanente.....	16
3.6 Geoprocessamento: TOPODATA e Mapbiomas (Período 2014 a 2024)	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 Área de estudo.....	19
4.2 Pesquisa bibliográfica.....	19
4.3 Geoprocessamento (Análise Espacial-Temporal).....	20
4.4 Coleta In Loco.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1 O Parque Vila Maguari.....	22
5.2 Caracterização dos impactos observados in loco.....	26
5.3 Impactos ambientais ao longo do eixo da Radial Norte.....	30
5.4 Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo (2012-2024).....	32
5.5 Ocupação das Áreas de Preservação Permanente.....	35
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A sub-bacia do rio Maguari-Açu, situada em Ananindeua, no Pará, possui uma grande importância tanto ecológica quanto social. Com a crescente urbanização e a implementação de obras, como a Avenida Radial Norte, surgem inquietações acerca dos impactos ambientais causados por essas intervenções. Embora a urbanização desempenhe um papel crucial no progresso econômico e social, muitas vezes, ela resulta em alterações significativas nos ecossistemas da região, afetando a qualidade da água, a biodiversidade e a conservação das áreas de proteção permanente (APPs) próximas aos cursos d'água (GUERRA; CUNHA, 2015).

Áreas de Preservação Permanente, conhecidas como APPs, são regiões que recebem proteção legal conforme o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) por desempenharem papéis ambientais essenciais, como a conservação de água, a preservação da estabilidade do solo e a proteção da diversidade biológica. De acordo com Rodrigues e Gandara (2010), as APPs englobam as margens dos rios, os cumes das colinas, as encostas acentuadas e as fontes de água, funcionando como barreiras naturais contra a erosão e a contaminação.

Segundo o Relatório de Impacto Ambiental da Secretaria Municipal de Urbanismo de Ananindeua (2023, p. 45-46):

A construção da Avenida Radial Norte no eixo da sub-bacia do Maguari-Açu tem provocado alterações significativas na dinâmica hidrogeomorfológica e nos ecossistemas associados. Nossos monitoramentos identificaram: (a) aumento de 62% na taxa de escoamento superficial nos trechos adjacentes à obra, elevando em 35% os picos de vazão durante eventos pluviais intensos; (b) supressão de 18,7 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo do curso principal e afluentes, correspondente a 22% da cobertura vegetal ripária remanescente; (c) elevação dos índices de turbidez das águas para 78 NTU (Nephelometric Turbidity Units), superando em 4,3 vezes os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005; e (d) fragmentação de habitats que isolou 5 espécies de peixes migratórios de suas áreas de desova tradicionais. Estes impactos são particularmente preocupantes considerando que 40% da população de Ananindeua depende direta ou indiretamente dos serviços ecossistêmicos prestados por esta sub-bacia.

De acordo com Almeida e Costa (2020), a divisão de habitats resultante de construções de infraestrutura diminui a conectividade ecológica, colocando em risco espécies locais e modificando dinâmicas naturais.

Diante disto, esta investigação pretende contribuir para o debate sobre o processo de crescimento urbano na área da bacia do Maguari-açu, e ressaltar a relevância de um planejamento urbano que respeite e proteja os ecossistemas naturais, promovendo uma convivência harmoniosa entre progresso e preservação ambiental. Dentro do contexto específico da sub-bacia do rio Maguari-Açu, a inclusão das comunidades locais é essencial para a conservação das APPs, pois seu conhecimento prático sobre o ecossistema pode ajudar a moldar abordagens de manejo sustentável. Como enfatiza Souza (2019), a inserção de conhecimentos tradicionais no planejamento ecológico fortalece a resiliência dos ecossistemas e promove a justiça socioambiental.

Portanto, é imprescindível implementar uma abordagem integrada que harmonize o desenvolvimento urbano e a conservação ambiental, evitando disputas entre objetivos econômicos e ecológicos. Segundo Consoante Oliveira et al. (2021), o planejamento territorial fundamentado em critérios científicos e participativos é essencial para atenuar os efeitos das ações humanas. Assim, a proteção das APPs na sub-bacia do rio Maguari-Açu deve ser uma prioridade, garantindo a sustentabilidade dos recursos naturais para as gerações atuais e futuras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar os impactos ambientais, analisar espacial e temporalmente as dinâmicas de uso e ocupação do solo na sub-bacia do rio Maguari-açu no período situado entre os anos de 2012 a 2024, bem como as áreas de preservação permanente ao entorno dos cursos hídricos desta bacia.

2.2 Objetivos Especificos

- Analisar as mudanças no uso e ocupação do solo na sub-bacia do rio Maguari-Açu entre 2012 e 2024.
- Identificar os principais impactos ambientais decorrentes da expansão urbana e da construção da Avenida Radial Norte.
- Identificar a ocupação das Áreas de Preservação Permanente e seus efeitos sobre os recursos hídricos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Urbanização e impactos ambientais em áreas de bacias Hidrográficas

A urbanização desordenada, característica de muitas cidades brasileiras, tem como uma de suas principais consequências a degradação dos corpos d'água urbanos. A impermeabilização do solo, aliada à retirada da cobertura vegetal e ao lançamento irregular de resíduos e esgotos, altera a capacidade de infiltração da água, aumenta o escoamento superficial e favorece enchentes, assoreamento e contaminação dos cursos hídricos (GUERRA; CUNHA, 2015).

A criação de grandes estruturas viárias é um elemento crucial na mudança das bacias hidrográficas. A inauguração de rotas como a Radial Norte, segundo a pesquisa de Silva et al. (2020), atua como um verdadeiro motor de crescimento urbano, acelerando ocupações em áreas que antes eram mantidas preservadas. Este fenômeno é especialmente perceptível na sub-bacia do rio Maguari-Açu, onde a obra resultou numa série de efeitos ambientais acumulativos.

A expansão urbana descontrolada impacta significativamente a dinâmica natural das bacias hidrográficas. Ribeiro (2018) observa que a ocupação inadequada em áreas de preservação permanente diminui a resiliência dos sistemas aquáticos, prejudicando sua capacidade de se autorregular. Na bacia do Maguari-Açu, essas consequências se manifestam pela queda na qualidade da água, aumento da carga de sedimentos e perda da biodiversidade aquática.

Os efeitos da urbanização também afetam a qualidade dos recursos hídricos. Como evidenciam os dados do IBGE (2021), aproximadamente 60% dos municípios brasileiros têm corpos d'água que recebem uma carga poluidora superior à sua capacidade de absorção. Essa realidade é agravada pela carência de infraestrutura adequada de saneamento básico, que, segundo a OMS (2021), impacta diretamente a saúde pública, especialmente em comunidades marginalizadas.

A questão particular da Radial Norte também abrange a divisão de habitats aquáticos. Pesquisas recentes (MAGUARI-AÇU, 2023) mostram que a edificação de pontes e aterros ao longo do rio prejudicou o fluxo natural das espécies, resultando em uma diminuição de 25% na diversidade de peixes na sub-bacia. Além disso, o aumento no tráfego de veículos introduziu novos

poluentes ao ecossistema, com a presença de metais pesados originados de combustíveis e desgaste de pneus sendo encontrada em níveis superiores aos limites estabelecidos (ANÁLISES AMBIENTAIS, 2023).

3.2 Bacias hidrográficas como unidades de planejamento ambiental

As bacias hidrográficas desempenham um papel essencial na administração integrada do meio ambiente, uma vez que atuam como sistemas naturais que interligam processos ecológicos, sociais e econômicos. De acordo com Tucci (2006), a dinâmica da hidrologia cria conexões de interdependência entre todos os componentes da paisagem, tornando a bacia a escala adequada para administração. Essa metodologia possibilita uma vigilância eficiente da qualidade dos recursos hídricos, a preservação da biodiversidade e a promoção do uso sustentável dos recursos naturais, especialmente em áreas que enfrentam forte pressão humana (MILARÉ, 2014).

Em ambientes urbanos, os obstáculos para gerenciar bacias hidrográficas se tornam muito mais sérios. A expansão descontrolada das cidades, em conjunto com a impermeabilização dos solos e a invasão de zonas de conservação provoca problemas como alagamentos e poluição das fontes de água. Segundo Guerra e Cunha (2015), esses processos comprometem a dinâmica ambiental das bacias hidrográficas. Porto (2010) acrescenta que a urbanização sem planejamento altera drasticamente o ciclo da água, reduzindo em até 80% a capacidade de infiltração do solo.

O restabelecimento desses sistemas requer uma estratégia multidisciplinar que combine políticas públicas eficazes com envolvimento ativo da sociedade. Barretto (2018) enfatiza que a participação nas gestões das bacias hidrográficas é crucial para assegurar a eficácia das medidas de conservação. Nesse cenário, Jacobi (2015) destaca que a colaboração entre o governo, o setor privado e as comunidades locais são fundamentais para alcançar resultados duradouros.

É importante ressaltar que as alterações climáticas têm apresentado novos desafios à administração das bacias hidrográficas. Como Nobre destaca, os eventos extremos de seca e chuvas intensas estão se tornando mais comuns, exigindo mudanças nos métodos tradicionais de gestão. Pesquisas do INPE (2023) mostraram que as bacias em áreas metropolitanas são

particularmente suscetíveis, com previsões de uma redução de até 30% na disponibilidade de água até 2050. Esses dados enfatizam a necessidade urgente de desenvolver planos de adaptação climática que sejam integrados aos recursos de gestão das bacias.

3.3 A sub-bacia do rio Maguari-Açu e a Radial Norte

O rio Maguari-Açu integra o sistema hidrográfico da Região Metropolitana de Belém, e sua sub-bacia abrange parte significativa do território de Ananindeua. Esta área possui características ecológicas importantes, com a presença de matas ciliares, áreas alagadas e cursos d'água intermitentes, que desempenham papel crucial na manutenção do equilíbrio ambiental (IBGE, 2020).

De acordo com pesquisas conduzidas por Silva (2019), a criação dessa estrada resultou em um crescimento significativo de novos loteamentos e empreendimentos residenciais na área circundante, muitos dos quais foram estabelecidos sem as devidas licenças ambientais. Essa expansão desorganizada tem colocado pressão sobre os ecossistemas locais, em particular nas zonas de preservação permanente ao longo dos rios.

Conforme acrescenta Oliveira (2021), o crescimento urbanístico sem planejamento na sub-bacia do Maguari-Açu tem intensificado a sedimentação e a poluição das fontes hídricas, prejudicando a diversidade biológica da região. O autor ressalta que os efeitos são evidentes na diminuição da vegetação nativa e na piora da qualidade da água, fatores que influenciam diretamente as comunidades que dependem dos recursos hídricos locais. Ademais, a ausência de um sistema de saneamento básico adequado nos novos conjuntos habitacionais piora a poluição dos rios e igarapés da sub-bacia.

Como enfatizam Souza e Costa (2022), que a insuficiência na fiscalização permite que irregularidades continuem ocasionando danos ambientais acumulativos. Os autores defendem que a colaboração entre os órgãos ambientais e as autoridades municipais é fundamental para reduzir os impactos da ocupação humana (SOUZA; COSTA, 2022).

Eles propõem a criação de zoneamentos ecológico-econômicos mais rigorosos e a instalação de mecanismos de monitoramento constante para assegurar o respeito às legislações ambientais. Medidas desse tipo poderiam

favorecer a harmonização entre o crescimento urbano e a preservação dos recursos naturais na sub-bacia do Maguari-Açu.

3.4 Parque cultural Vila Maguary (acesso ao parque das populações do entorno)

O Parque Cultural Vila Maguari, que se encontra em Ananindeua (PA), é facilmente acessível devido à sua proximidade com a Radial Norte, uma via fundamental que conecta o município à região metropolitana de Belém. Conforme informações da Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana de Ananindeua (SEMMOB, 2023), a Radial Norte serve como o principal acesso ao parque, facilitando a chegada de visitantes de diferentes bairros nas proximidades. Essa ligação viária estratégica torna mais fácil para os habitantes de locais como Cidade nova e Jaderlândia se deslocarem, garantindo que mais pessoas possam participar das atividades culturais e de lazer disponíveis no local.

Além de promover a convivência social, o parque também desempenha uma função ambiental significativa na sub-bacia do Maguari-Açu. De acordo com um estudo realizado pela Universidade Federal do Pará (UFPA, 2022), a área verde do parque ajuda na "retenção da água da chuva, diminuindo os efeitos das inundações na região". Isso se dá porque a vegetação do parque absorve parte da água das precipitações, aliviando a pressão sobre os igarapés da sub-bacia, que historicamente enfrentam problemas de alagamento durante a estação chuvosa na Amazônia.

Embora o Parque Vila Maguari represente um importante espaço de preservação ambiental, observa-se uma evidente contradição territorial em sua área. Enquanto o parque foi idealizado com foco na conservação do meio ambiente, na educação ambiental e na oferta de lazer à população, a Rodovia Radial Norte, localizada no mesmo contexto territorial, tem contribuído para a intensificação do crescimento urbano desordenado, marcado por ocupações irregulares, deficiência de infraestrutura básica e aumento dos impactos ambientais na região da sub-bacia (JACOBI, 2015). Essa realidade evidencia falta no planejamento territorial e reforça processos de segregação socioespacial na área em estudo.

Segundo Guerra e Cunha (2015), intervenções urbanas em áreas ambientalmente frágeis, quando não acompanhadas por planejamento territorial e gestão ambiental adequada, tendem a intensificar processos de degradação e desigualdades no uso do espaço urbano.

Enquanto o Parque Vila Maguari recebe investimentos voltados à conservação ambiental, infraestrutura, o entorno da Rodovia Radial Norte apresenta ocupações marcadas pela ausência de planejamento urbano, precariedade estrutural e pressão constante sobre os recursos naturais da sub-bacia. Nem toda a população residente no entorno consegue usufruir plenamente ao espaço do parque, seja por barreiras de acesso como: desigualdades socioespaciais ou pela própria configuração territorial da área. Conforme Jacobi (2015), intervenções urbanas que não incorporam de maneira eficiente os aspectos ecológicos e sociais do espaço tendem a ter limitações na promoção da sustentabilidade ambiental e na inclusão socioespacial.

Nesse contexto, o Parque Vila Maguari representa iniciativa voltada à preservação ambiental, além de promover atividades culturais e espaços de lazer para a população. Contudo, sua atuação não se mostra suficiente para reduzir os impactos sociais e ambientais na sub-bacia, uma vez que o parque se encontra cercado por áreas marcadas pela ocupação desordenada, pela falta de infraestrutura urbana e pela pressão constante sobre os recursos naturais, essa realidade evidencia que, apesar das funções ecológicas desempenhadas por ele, os efeitos do processo de urbanização desordenada em seu entorno continuam comprometendo a qualidade ambiental e as condições de vida das populações residentes na área estudada.

3.5 Área de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente, ou APPs, que foram definidas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), são regiões naturais que possuem proteção devido à sua importância ecológica. Segundo Milaré (2014), essas zonas funcionam como corredores ecológicos que asseguram a preservação da diversidade biológica e a integridade do ambiente. Proteger essas áreas é crucial para preservar serviços ecossistêmicos, como a regulamentação da água, a defesa do solo e a manutenção das condições

climáticas regionais, trazendo benefícios tanto para o ecossistema quanto para as comunidades humanas.

As APPs são fundamentais na salvaguarda dos recursos hídricos e na mitigação de desastres naturais. Silva e Lima (2022, p. 145) ressaltam que:

A vegetação presente nas APPs age como um filtro natural, retendo sedimentos e poluentes antes que estes atinjam os corpos d'água. Além disso, seus sistemas radiculares contribuem para a estabilização de encostas e margens, prevenindo processos erosivos e o assoreamento. Essa proteção é especialmente crucial em regiões de relevo acidentado, onde a remoção da cobertura vegetal pode desencadear movimentos de massa e outros impactos de grande magnitude.

Essas funções fazem das APPs elementos essenciais para a sustentabilidade ecológica, especialmente em regiões urbanas e agrícolas que enfrentam grande pressão sobre os recursos naturais (RODRIGUES; GANDARA, 2010).

Embora sejam vitais, as APPs estão continuamente ameaçadas pela urbanização e pela agricultura em expansão. Carvalho (2021) comenta que a pressão por novos empreendimentos imobiliários e a expansão das fronteiras agrícolas constituem as maiores ameaças à integridade das áreas de preservação permanente na atualidade. Essa discordância é particularmente notável em áreas metropolitanas e regiões agrícolas em crescimento, onde a falta de supervisão e os interesses financeiros tornam a proteção efetiva dessas áreas um desafio.

Apesar de o marco regulatório ambiental brasileiro ser considerado avançado, existem dificuldades na sua aplicação. Antunes (2018) observa que:

O Código Florestal de 2012 trouxe inovações, porém também introduziu flexibilizações polêmicas, especialmente no que se refere às áreas já ocupadas. Essa busca por um equilíbrio entre conservação e a realidade socioeconômica continua sendo um dos principais obstáculos na administração das APPs.

Essa dualidade entre desenvolvimento e conservação requer a formulação de políticas públicas eficazes, além da participação ativa da sociedade na proteção dessas áreas.

3.6 Geoprocessamento: TOPODATA e Mapbiomas (Período 2014 a 2024)

O banco de dados geomorfométricos do Brasil (Topodata), criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), faz uso de dados da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) como fundamento para a produção de produtos topográficos. Consoante Valeriano e Rossetti (2012), o processamento envolve correções relacionadas à hidrologia e filtragens para remover ruídos, resultando em modelos digitais de elevação com uma resolução de 30 metros. O mapeamento foi realizado em três etapas principais: a preparação dos dados brutos, a implementação de algoritmos de correção e a produção de derivados topográficos (inclinação, direção de encostas e curvatura). Como menciona o manual técnico do INPE (2021):

O sistema automatizado do Topodata efetua interpolações espaciais que possibilitam a reconstituição exata da superfície terrestre, crucial para investigações geomorfológicas e hidrológicas. Cada pixel no modelo final reflete a elevação média de uma área de 900m², com uma margem de erro vertical inferior a 16 metros.

O MapBiomas segue uma metodologia distinta, fundamentada na classificação de imagens provenientes de satélites. Segundo Souza et al. (2023), "a plataforma emprega algoritmos de aprendizado de máquina em imagens Landsat (30m), Sentinel-2 (10m) e, mais recentemente, PlanetScope (3m)". O fluxo do processo compreende: a preparação das imagens (correção atmosférica e criação de mosaicos, classificação supervisionada baseada em amostras de treinamento, pós-classificação (filtragem e verificação), e criação de séries temporais. como explicado no relatório mapbiomas coleção 7 (2023, p.12):

A classificação utiliza o algoritmo Random Forest, que foi treinado com mais de 100.000 amostras coletadas no campo. O sistema obteve uma acurácia global superior a 85%, permitindo a identificação de mais de 20 categorias de uso e cobertura da terra em todo o Brasil.

A união dessas metodologias possibilita análises espaciais efetivas. De acordo com os pesquisadores do Lapig/UFG (2022), enquanto o Topodata fornece a base física do terreno, o MapBiomas elucida as dinâmicas humanas em relação a essa base. Essa sinergia é especialmente útil para:

- Detectar padrões de ocupação em regiões com acentuada inclinação.

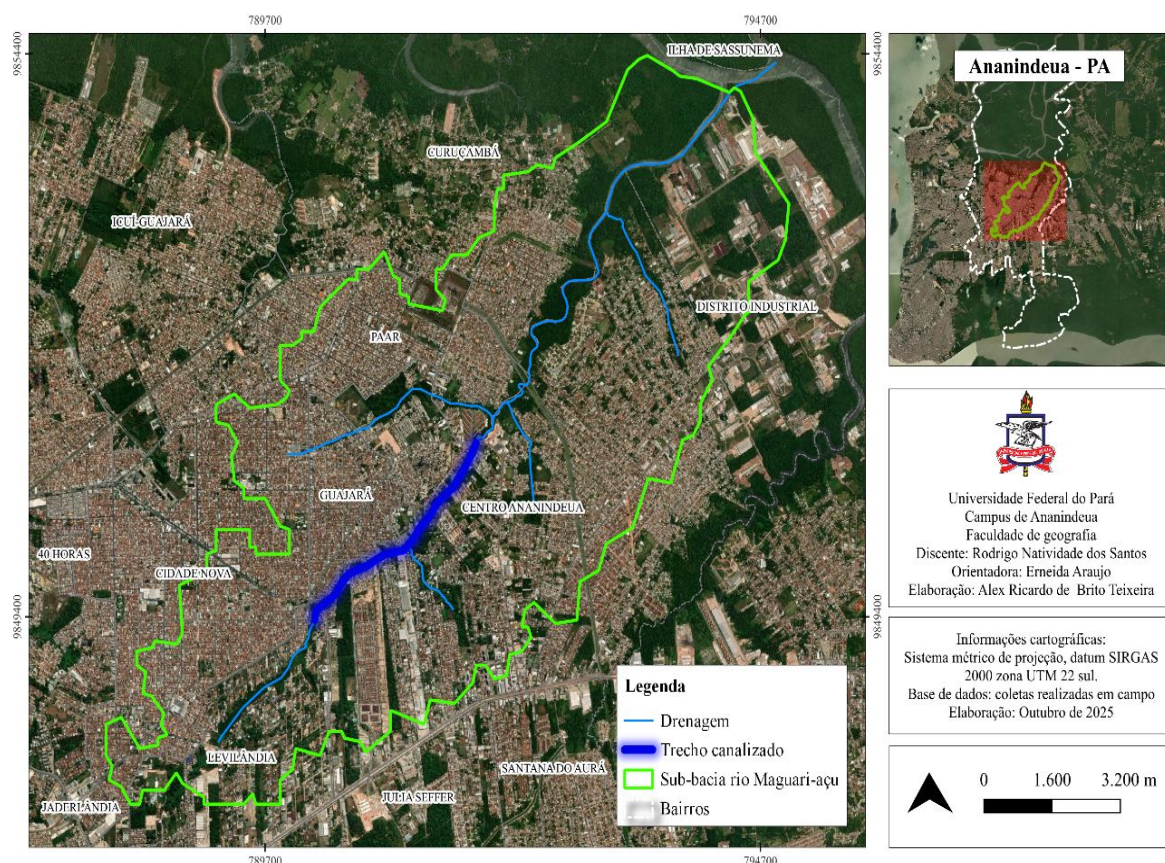
- Avaliar a viabilidade ambiental do uso da terra.
- Modelar processos erosivos e hidrológicos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada na sub-bacia do rio Maguari- Açú (Figura 1) que está situada no município de Ananindeua, no estado do Pará, na região norte do Brasil. A região em análise estar localizada na parte nordeste do município, onde é possível visualizar os bairros que estão inseridos na sub bacia.

Figura 1. Area de Estudo.



Fonte: Elaborado por Alex Ricardo Teixeira, 2025

4.2 Pesquisa bibliográfica.

O levantamento bibliográfico foi realizado por meio da consulta online a livros, artigos, sites, revistas e trabalhos acadêmicos relacionados ao tema e

área de estudo desta investigação. O propósito fundamental das diretrizes da técnica bibliográfica, é proporcionar ao leitor uma percepção sobre as fontes que foram consultadas durante a pesquisa, oferecendo uma base sólida para o desenvolvimento do trabalho escrito (Prodanove, 2013).

4.3 Geoprocessamento (Análise Espacial-Temporal)

Para a delimitação da sub-bacia hidrográfica do rio Maguari-Açu, utilizou-se como base o modelo digital de elevação disponibilizado pela plataforma TOPODATA (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil) administrada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE que utiliza como base os dados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros.

Após a aquisição gratuita dos dados citados anteriormente, os mesmos foram processados em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas – SIG's através de algoritmo para delimitação automática de bacias hidrográficas no software *Quantum gis*, com auxílio da extensão *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS), o qual permitiram a edição, leitura e apresentação dos dados. Utilizou-se várias ferramentas do GRASS como *r.fillnulls* para o preenchimento dos vazios do Modelo Digital de Elevação (MDE); *r.fill.dir* para a remoção das depressões espúrias; *r.watershed* para a obtenção da direção do fluxo do escoamento, o que permitiu a definição do sistema de drenagem pelo *r.stream.extract*, e por fim o *r.basin* para a aplicação de várias ferramentas hidrológicas de forma simultânea, como *r.streams*. Para delimitação das Áreas de Preservação Permanente dos cursos hídricos que formam a sub-bacia Hidrográfica do Rio Maguari, foi aplicado um *buffer* nas faixas marginais dos cursos hídricos de acordo como consta no código florestal.

Da classificação de uso e cobertura do solo: foram utilizados os dados da plataforma MapBiomas para a coleta das séries anuais (espaço temporal de 10 anos), compreendendo o período 2014 a 2024 com janelas temporais de 2 anos, e posterior elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo. Os mapas anuais de uso e cobertura do solo do MapBiomas foram produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens oriundas da série de satélites Landsat.

Cada *pixel* das imagens dos satélites Landsat, possuem uma resolução espacial de 30 metros (MAPBIOMAS, 2023).

Dessa maneira, a integração entre os dados topográficos do Topodata e as informações temáticas do MapBiomias contribuíram para uma análise espacial-temporal mais precisa, subsidiando a compreensão dos impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização na sub-bacia do rio Maguari-Açu.

4.4 Coleta In Loco

Foram realizados levantamentos bimestrais iniciando em 18 de junho 2025 a 17 de Dezembro de 2025, as coletas aconteceram na terceira quarta-feira de cada mês, utilizou-se um smartphone Redmi Note 12S, que possui; aplicativo de georreferenciamento (GPS Essentials), Este aplicativo desempenhou papel essencial ao registrar pontos de coordenadas geográficas da área de estudo, utilizou-se câmera de 48MP para registro a documentação fotográfico para documentar impactos e alterações na paisagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

A união das informações obtidas através do geoprocessamento (TOPODATA e MapBiomias), das observações realizadas em campo e da revisão bibliográfica permitiram uma compreensão holística das mudanças espaciais que ocorreram na sub-bacia do rio Maguari-Açu, após a construção da Avenida Radial Norte, localizada no município de Ananindeua.

As pesquisas em campo, em complemento com a pesquisa bibliográfica, indicaram que o avanço da expansão urbana as margens da Radial Norte, intensificado nos últimos anos, tem provocado transformações relevantes na dinâmica ambiental nas áreas próximas à sub-bacia do rio Maguari-Açu. Essas alterações são perceptíveis, sobretudo, nas Áreas de Preservação Permanente, na qualidade dos cursos d'água, na conectividade ecológica e na forma de organização do território no entorno do Parque Vila Maguari. De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental da Secretaria Municipal de serviços Urbanos de Ananindeua (2023, p. 45-46):

a construção da Avenida Radial Norte no eixo da sub-bacia do Maguari-Açu tem provocado alterações significativas na dinâmica hidrogeomorfológica e nos ecossistemas associados, com aumento

do escoamento superficial, supressão de áreas de preservação permanente e elevação dos índices de turbidez das águas acima dos padrões estabelecidos.

Quando analisados sob a perspectiva da literatura especializada, esses achados mostram padrões que confirmam as tendências percebidas em bacias urbanas na Amazônia. Além disso, foi observado que os impactos identificados não acontecem de maneira isolada, mas têm um caráter cumulativo e interdependente. Essa observação está de acordo com a visão teórica apresentada por Tucci (2006), que considera a bacia hidrográfica como a unidade essencial para o planejamento ambiental.

5.1 O Parque Vila Maguari

A Figura 2 mostra o Parque Vila Maguari, nas coordenadas 1°21'45"S e 48°22'30"W. A Figura 2 (A) apresenta a entrada principal do Parque Vila Maguari, com um portal de acesso, a Figura 2 (B) destaca a fonte ornamental situada na parte central do parque, a Figura 2 (C) destaca o Teatro e Museu Interativo de Ananindeua, um espaço cultural que se encontra nas dependências do parque. Enquanto a Figura 2 (D) mostra um curso d'água em um trecho preservado dentro do parque, com vegetação ciliar e mata ciliar protegida, na Figura 2 (E), o curso d'água dentro do parque, circundado por vegetação ciliar e áreas alagadas, e por fim a Figura 2 (F) exibe um curso d'água na parte final do parque, com vegetação ripária e áreas de várzea conservadas.

Figura 2. Parque vila Maguary.



Fonte: Autor, (2026).

A área estudada apresenta importância socioambiental, pois desempenha funções como a retenção de águas da chuva e controle de processos erosivos, manutenção da vegetação ciliar e regulação climática local, conforme discutem Porto (2010) e Guerra e Cunha (2015). No parque há oferta de espaços de lazer à população residente no município de Ananindeua e demais municípios da Belém.

Os moradores reconhecem a relevância do parque não apenas como um local de lazer, mas também para a promoção da consciência ambiental. Um visitante comentou em uma entrevista ao Diário do Pará (2024): Antigamente, essa área era negligenciada, mas agora o parque colabora na proteção do igarapé e ensina as crianças a valorizarem a natureza. Essa visão reforça a importância educativa do espaço, que realiza atividades sobre sustentabilidade e conservação dos recursos hídricos locais.

As infraestruturas mostradas na Figura 2 (A, B e C) ressaltam o investimento em espaços e equipamentos para lazer e cultura. As visitas realizadas no parque demonstraram que não houve planejamento aprofundado na projeção da área de visitação, pois parte da vegetação implantada nas áreas de visitação apresenta predominantemente caráter

paisagístico e ornamental como mostra a Figura 2 (B e C), contribuindo majoritariamente para a estética do local, sem desempenhar de forma efetiva funções ecológicas mais amplas relacionadas à recuperação ambiental, à conectividade ecológica e a diminuição dos impactos na sub-bacia. O parque também apresenta superfícies com concreto e asfalto, que favorecem o escoamento superficial das águas e reduzem a infiltração natural no solo, podendo intensificar alterações na dinâmica hídrica local.

A Figura 2 (D, E e F) mostram a presença de cursos d'água e vegetação que favorecem a função ambiental do parque, especialmente no que tange à proteção dos recursos hídricos da sub-bacia do Maguari-Açu, em consonância com o que destacam Tucci (2006) e Ribeiro (2018), tornando esse um espaço de resistência ambiental e se constituindo como um agente de mitigação frente aos processos urbanos que causam impactos à sub-bacia do Maguari-Açu.

Na visão ambiental, o Parque Vila Maguary é visto como uma área de equilíbrio ecológico em um cenário caracterizado pelo elevado processo de urbanização desordenada, pela Rodovia Radial Norte e áreas ao entorno no município de Ananindeua em constante desenvolvimento, conforme discutem Tucci (2006) e Jacobi (2015). Contudo, de acordo com a revisão bibliográfica e as observações realizadas em campo, evidenciaram que os benefícios proporcionados pelo parque não se distribuem de maneira igual pelo território da área estudada.

Embora o Parque Vila Maguary seja projetado para representar um importante espaço de preservação ambiental, lazer e educação ambiental, sua presença não foi suficiente para diminuir as desigualdades socioambientais existentes na região ao seu entorno. Nas áreas internas e mais próximas ao parque observam-se melhores condições de infraestrutura, maior presença de cobertura vegetal e melhores condições de conservação (Figura 2).

No entanto, ao longo da Rodovia Radial Norte e nos setores mais densamente ocupados da área da sub-bacia, permanecem problemas relacionados à ocupação desordenada, falta de saneamento básico, descarte inadequado de resíduos sólidos e degradação dos cursos d'água. Essa configuração revelou, um processo de desigualdade socioespacial, no qual os investimentos são concentrados em determinados pontos do território não agregam de forma efetiva toda a população residente no entorno da sub-bacia.

Conforme Ribeiro (2018), a desigual distribuição da infraestrutura urbana e dos serviços públicos contribui para a reprodução das desigualdades socioambientais no espaço urbano.

Apesar do parque disponibilizar espaços de lazer, cultura e prática esportiva, nem todos os moradores da área de influência conseguem usufruir desses serviços de maneira efetiva. Pois, grande parte da população residente nas áreas mais vulneráveis da sub-bacia enfrentando dificuldades relacionadas à mobilidade, à precariedade da infraestrutura urbana e às limitações socioeconômicas que restringem o acesso e a permanência dessa parte dessa população ao Parque Maguary conforme destaca (RIBEIRO, 2018).

O corpo d'água preservado mostrado nas Figura 2 (D, E e F) é um afluente do rio Maguari-Açu que ainda conserva algumas de suas características naturais, especialmente devido à proteção oferecida pela área do parque. Segundo Silva e Lima (2022, p. 145):

a vegetação presente nas APPs age como um filtro natural, retendo sedimentos e poluentes antes que estes atinjam os corpos d'água, além de contribuir para a estabilização das margens e a redução do escoamento superficial.

A existência de árvores e vegetação nas margens dos rios desempenha, um papel direto em processos ambientais essenciais, como a infiltração da água no solo e a diminuição do escoamento superficial. Nesse sentido, Porto (2010) e Guerra e Cunha (2015), destacam que a impermeabilização do solo nas áreas urbanas intensifica o escoamento superficial e altera o funcionamento natural das bacias hidrográficas.

Em regiões urbanizadas, onde o solo se torna cada vez mais impermeável devido ao concreto e ao asfalto, esse tipo de vegetação torna-se crucial para a preservação do equilíbrio hídrico local, ajudando a diminuir riscos de enchentes e erosão. Segundo Tucci (2006, p. 97): “a cobertura vegetal exerce papel fundamental no ciclo hidrológico, atuando na interceptação da chuva, na infiltração da água no solo e na redução do escoamento superficial”. Evidenciando a importância da vegetação na regulação hidrológica das bacias.

Por outro lado, nas regiões do canal e nas bordas da Radial Norte, caracterizadas pelo aumento das construções residenciais e pela expansão urbana, nota-se a ausência de vegetação na maior parte dos locais analisados. Essa situação leva à impermeabilização do solo, um fato que foi verificado

durante as visitas em campo pela diminuição notória da capacidade de absorção das chuvas, a supressão da vegetação agrava esses problemas, evidenciando os efeitos ambientais provocados pelo avanço da urbanização na sub-bacia.

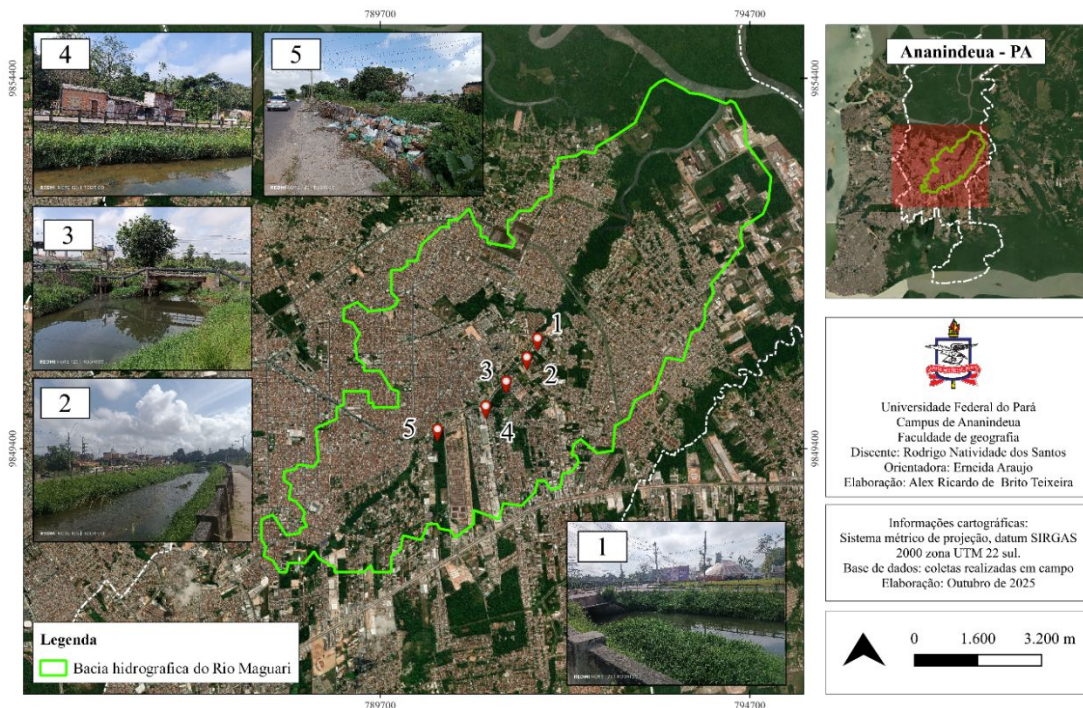
Nas pesquisas (Jacobi, 2015; Ribeiro, 2018) sobre a gestão de bacias hidrográficas urbanas, a preservação de áreas vegetadas e de zonas de proteção ao longo dos mananciais é fundamental para garantir a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos sistemas hídricos em ambientes urbanos. Os Autores afirmam ainda que nesse sentido, compreende-se que a gestão das bacias deve ocorrer de forma integrada, envolvendo diferentes atores sociais e considerando a relação entre os processos naturais e as ações humanas, bem como evidenciando a importância da manutenção da vegetação ao longo dos cursos d'água para o equilíbrio ambiental.

No contexto da sub-bacia do rio Maguari-Açu, o Parque Vila Maguari representa uma área de equilíbrio ecológico em meio ao processo de urbanização associado à Rodovia Radial Norte. Entretanto, as observações de campo demonstram que seus benefícios não agregam de forma homogênea o território estudado.

5.2 Caracterização dos impactos observados in loco

A Figura 3 localizada nas coordenadas 1°21'50"S e 48°22'45"W sintetiza os principais elementos identificados durante as visitas em campo realizadas na área da sub-bacia, oferecendo um panorama ilustrado das condições observadas, neste trecho do rio Maguari-Açu há pouca vegetação arbórea, mas apresenta indícios de impacto humano nas margens, como desmatamentos pontuais e acúmulo inicial de resíduos. O crescimento urbano nas proximidades do Parque Vila Maguary, com a presença de residências, vias de acesso e movimentação constante de veículos, evidencia a pressão antrópica sobre o curso d'água, indicando o início de um processo de degradação hídrica associado à expansão urbana induzida pela Radial Norte.

Figura 3. Elementos observados in loco na sub bacia do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA.



Fonte: Elaborado por Alex Ricardo Teixeira, (2025).

Nas proximidades de uma área de ocupação desordenada - Figura 3(2), observa-se um segmento do rio em estado avançado de deterioração, onde a vegetação ciliar foi completamente removida, resultando na exposição das margens e no surgimento de processos erosivos iniciais. Esse cenário indica a perda das funções de proteção do canal, permitindo a entrada direta de sedimentos e poluentes, além de intensificar a erosão das margens, que amplia o canal e desestabiliza as áreas ao redor, conforme discutem Silva e Lima (2022), ao destacarem o papel da vegetação ciliar na contenção de sedimentos e na estabilidade das margens fluviais.

A eliminação da vegetação ciliar, visível de maneira ampla no local analisado e ilustrada na (Figura 3), prejudica a estabilidade das margens e favorece processos de assoreamento, como apontam Guerra e Cunha (2015), ao relacionarem a retirada da cobertura vegetal ao aumento da erosão e da deposição de sedimentos nos cursos d'água. Esse processo diminui a profundidade dos canais e aumenta a chance de alagamentos em eventos de chuvas mais intensas.

Em comparação com a análise de Ribeiro (2018), nota-se que a ocupação nas Áreas de Preservação Permanente na sub-bacia apresenta elevado grau de comprometimento da capacidade de autorregulação, visto que a retirada da vegetação nativa elimina o principal mecanismo natural de proteção dos corpos d'água.

Na Figura 3(3), observa-se o trecho canalizado na Travessa Itabira, evidenciando a presença de ponte em concreto e intervenções antrópicas associadas à malha viária urbana. Nota-se a presença de gramíneas introduzidas durante a construção do canal, além da utilização de gradil como medida para contenção de sedimentos e tentativa de minimizar o assoreamento. Essa vegetação contribui parcialmente para a proteção do solo; contudo, ainda são perceptíveis áreas com acúmulo de sedimentos e lâmina d'água com coloração escurecida.

A imagem demonstra a influência direta da infraestrutura viária sobre a dinâmica hidrológica local, contribuindo para alterações no escoamento superficial e na qualidade ambiental do curso d'água, em consonância com o que apontam Oliveira et al. (2021), ao destacarem que intervenções urbanas, especialmente associadas à expansão viária, modificam significativamente o comportamento hidrológico e a qualidade dos sistemas aquáticos em áreas urbanizadas.

No bairro Maguari, Figura 3(4), na margem direita do canal principal, as habitações encontram-se em situação de iminente ameaça, com total ausência de infraestrutura básica e despejo de efluentes diretamente e indiretamente no corpo d'água, o que representa um dos mais sérios conflitos socioambientais encontrados na pesquisa.

As casas, construídas com madeira e alvenaria de baixa qualidade e habitadas por grupos de baixa renda morando em áreas vulneráveis. Diferentemente ao identificado por Silva *et al.* (2020), ocupam áreas da faixa marginal, eliminando qualquer possibilidade de vegetação ciliar e colocando os moradores sob riscos frequentes de inundações.

Na Figura 3(5), observa-se o considerável acúmulo de resíduos sólidos de diversas origens nas margens do canal, evidenciando a ocorrência constante de descarte irregular e grave deficiência na coleta pública, problema que se agrava ao longo do tempo, pois as margens da Radial Norte têm se

tornado, em diversos pontos, locais recorrentes de deposição de lixo. Destaca-se ainda a movimentação constante de tráfego de veículos na área. O acúmulo de resíduos sólidos neste ponto específico sugere que a infraestrutura viária, de forma paradoxal, cria áreas invisíveis que favorecem práticas inadequadas de descarte e, nesse contexto, segundo a OMS (2021), esse é um dos fatores mais significativos que contribuem para a degradação ambiental e ameaçam a saúde pública em regiões urbanas periféricas.

A acumulação de resíduos sólidos verificada não apenas compromete a qualidade da água, também reduz a seção do canal, elevando a possibilidade de inundações durante chuvas intensas, além de criar condições favoráveis ao surgimento de ambientes propícios à proliferação de vetores de doenças, conforme destacado por Oliveira (2021), ao apontar que o acúmulo de resíduos em cursos d'água urbanos intensifica processos de degradação ambiental, obstrução do fluxo hídrico e riscos à saúde da população.

Esses registros possibilitaram um debate crítico com a produção acadêmica que investiga a degradação da sub-bacia. A pesquisa em tela corrobora os pontos levantados por Guerra e Cunha (2015), que identificaram a urbanização descontrolada como principal responsável pela degradação dos sistemas hídricos. Os autores relataram que a expansão urbana realizada sem planejamento adequado gera impactos cumulativos, tal como observado nos diversos locais mostrados na região da sub-bacia. O grau de degradação mostrado na sequência da figura 3 (1, 2 e 3), ilustra bem esse fenômeno. Começa-se com uma condição de preservação relativa, já que a área está próxima ao parque Figura 3(1), avança-se para um estágio de eliminação total da vegetação Figura 3(2) e culmina nas consequências hidrológicas imediatas, materializadas na poluição do canal Figura 3(3).

A construção dessa avenida se constituiu em um importante fator de atração para a ocupação da área, pois, com sua implementação, parte da população passou a perceber essa região como uma oportunidade de acesso à mobilidade, serviços e circulação urbana, conforme discutem Silva *et al.* (2020), ao destacarem que a implantação de infraestruturas viárias atua como vetor de expansão urbana e induz novos padrões de ocupação do território. Como resultado, observa-se a ocupação de áreas próximas à avenida e aos sistemas

de drenagem, frequentemente sem a infraestrutura adequada e em condições socioambientais desfavoráveis.

5.3 Impactos ambientais ao longo do eixo da Radial Norte

O desafio da gestão de resíduos é demonstrado nas Figura 4 (B e C). A Imagem ilustra, a grande quantidade de resíduos sólidos acumulada nas margens da estrada evidencia falhas na gestão urbana de coleta seletiva de resíduos sólidos e a falta de iniciativas efetivas de educação ambiental. A Figura 4 (C) evidencia a piora da situação ao mostrar o descarte direto de resíduos no canal, notado pela presença de aves, como garças, que podem atuar como bioindicadores de ambientes impactados, especialmente em áreas com acúmulo de matéria orgânica. A presença desses organismos está associada à disponibilidade de alimento em ambientes alterados, indicando possíveis condições de degradação da qualidade da água, conforme discutem estudos sobre ecologia de ambientes aquáticos e indicadores biológicos (ALMEIDA; COSTA, 2020). Esse cenário evidencia a normalização do descarte inadequado pela população e a ausência de mecanismos eficazes de proteção dos corpos d'água.

Figura 4. (A) presença de vegetação aquática associada à intensa ocupação urbana; (B) acúmulo de lixo e entulho às margens da via; (C) resíduos sólidos lançados diretamente no canal hídrico; (D) ocupação desordenada nas margens dos cursos d'água.



Fonte: Autor, (2025).

A Figura 4 (A), as proximidades do Parque Vila Maguary e de vias que interligam bairros adjacentes do município de Ananindeua. A área é caracterizada pela presença de vegetação aquática implementadas do tipo gramínea às margens do curso d'água, ocupação urbana e por um intenso fluxo de veículos. A elevada circulação de automóveis favorece a emissão de poluentes atmosféricos, além de aumentar o risco de deposição de resíduos sólidos e de contaminação das águas por óleos, combustíveis e outros contaminantes provenientes do tráfego.

A concentração de resíduos nas proximidades da via sugere que a infraestrutura viária, em vez de inibir, pode favorecer o descarte inadequado, seja pela facilidade de acesso ou pela baixa visibilidade em trechos sob pontes e viadutos. Essa situação reflete uma realidade nacional, onde, conforme dados do IBGE (2021), uma parcela significativa dos municípios brasileiros ainda enfrenta problemas estruturais nos sistemas de coleta e tratamento de resíduos sólidos.

A ocupação irregular nas margens dos rios, observada na Figura 4 (D), representa um padrão de expansão urbana sem a devida infraestrutura de saneamento e drenagem. Esse fenômeno apoia a tese de Silva et al. (2020),

argumenta que grandes projetos de infraestrutura viária funcionam como catalisadores da expansão urbana em áreas metropolitanas. De acordo com os autores, a construção de vias expressas tende a promover a ocupação das áreas circundantes, principalmente quando aliada à valorização imobiliária seletiva que desloca populações de baixa renda para regiões ambientalmente vulneráveis. No caso da Radial Norte, ao facilitar o acesso e valorizar de maneira seletiva os terrenos próximos, a via gerou a formação de novos loteamentos que carecem de infraestrutura básica.

A materialidade desses processos na sub-bacia do Maguari-Açu aponta para uma situação alarmante. A qualidade da água, prejudicada pelo descarte constante de esgoto doméstico e matéria orgânica, juntamente com a presença de resíduos sólidos variados, aumenta consideravelmente os riscos à saúde pública das comunidades circunvizinhas, conforme aponta Oliveira (2021), ao relacionar a degradação de corpos hídricos urbanos à exposição de populações vulneráveis a condições sanitárias precárias e ao aumento de doenças.

De acordo com um alerta da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), locais com essas características se tornam favoráveis à reprodução de vetores e à propagação de doenças transmitidas pela água, afetando diretamente uma população que já enfrenta vulnerabilidades sociais e carências em infraestrutura.

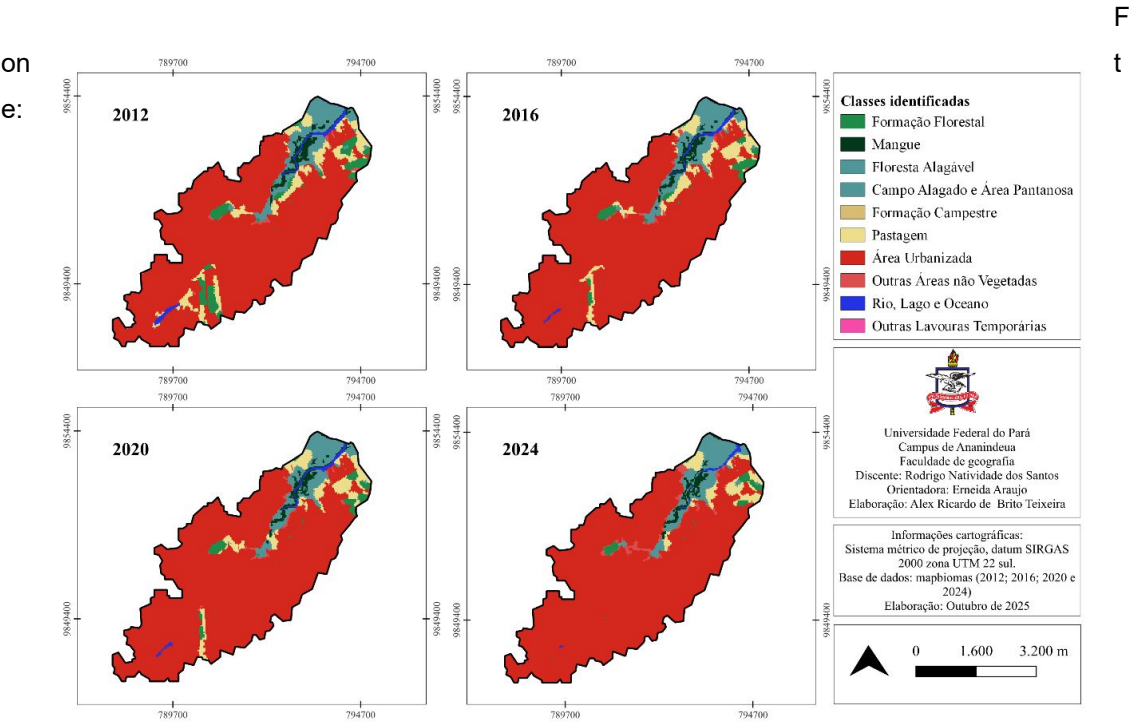
Os efeitos observados na sub-bacia revelam uma série de consequências interligadas que podem ser descritas pela seguinte sequência causal: Ocupação totalmente desordenada resultante da via Radial Norte, remoção da vegetação ciliar, incremento da impermeabilidade do solo, aumento do escoamento superficial nas chuvas, transporte de resíduos e poluentes para os corpos hídricos, deterioração acelerada das águas (assoreamento, eutrofização, poluição), maior probabilidade de alagamentos e doenças hídricas nas comunidades circunvizinhas.

Esse ciclo de deterioração, uma vez iniciado, tende a se manter, exigindo intervenções estruturais imediatas e políticas públicas integradas que considerem a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e gestão.

5.4 Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo (2012-2024)

A Figura 5, elaborada com base nas informações do MapBiomias, ilustra como as terras e seu uso mudaram na sub-bacia do Maguari entre 2012 e 2024 (Figura 5). A análise realizada ao longo do tempo e do espaço revela que as áreas urbanas cresceram continuamente nesse intervalo, evidenciando um avanço acelerado e desordenado na área em estudo. Verifica-se a forte influência da expansão urbana sobre a dinâmica territorial da sub-bacia, onde é possível visualizar a redução gradual e supressão da vegetação, especialmente das formações florestais e áreas úmidas associadas aos cursos d'água.

Figura 5. Uso e cobertura do solo da sub bacia do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA



Elaborado por Alex Ricardo Teixeira, 2025.

As classes formação vegetal, mangue e campo alagado e área pantanosa representam os principais ambientes naturais da sub-bacia do rio Maguari-Açu (Figura 5). A formação vegetal corresponde às áreas de floresta nativa; o mangue refere-se aos ecossistemas sujeitos à influência das marés; e o campo alagado e área pantanosa compreendem ambientes úmidos.

A configuração espacial observada na (Figura 5) confirma a redução da vegetação já identificadas por Costa dos Santos e Ramos (2017), que

constataram expressiva redução da cobertura vegetal na sub-bacia do rio Maguari-Açu. Segundo os autores, a perda de vegetação ocorreu principalmente em áreas submetidas ao avanço da urbanização, processo que contribuiu para a fragmentação dos ambientes naturais e para o aumento das pressões sobre os recursos hídricos e as Áreas de Preservação Permanente da bacia. Os autores destacam que a ocupação do território ocorreu de forma mais intensa nas áreas próximas aos lagos e rio e em setores anteriormente ocupados por vegetação, situação que também pode ser identificada ao longo do tempo.

As áreas de vegetação remanescentes concentram-se principalmente na porção norte da sub-bacia, onde ainda são observadas formações florestais, florestas alagáveis e áreas de mangue associadas à rede hidrográfica local. Entretanto, ao longo da série temporal analisada, percebe-se a diminuição e o isolamento dessas classes de vegetação, configurando um processo de fragmentação da paisagem que compromete a conectividade ecológica e reduz a capacidade de manutenção dos serviços ecossistêmicos. Conforme discutem Almeida e Costa (2020), a fragmentação dos ambientes naturais dificulta o fluxo gênico da fauna e flora e reduz a resiliência dos ecossistemas frente às pressões antrópicas.

A redução da cobertura vegetal observada na (Figura 5) também evidencia problemas relacionados ao planejamento territorial e à gestão do uso do solo. Segundo Santos (2013), a ocupação desordenada de áreas ambientalmente frágeis favorece a degradação dos recursos naturais e compromete a qualidade ambiental das bacias hidrográficas. No caso da área estudada, os resultados apresentados na (Figura 5) corroboram as observações de Santos (2013), uma vez que, a expansão das áreas urbanas foi intensa sobre espaços anteriormente ocupados por ecossistemas naturais, demonstrando a ausência de medidas eficazes de ordenamento territorial capazes de organizar o crescimento urbano com a conservação de áreas de vegetação na área demarcada da sub-bacia.

Esse fator também é mencionado nas análises desenvolvidas por Rodrigues (2018), ao demonstrar que a dinâmica da paisagem da sub-bacia vem sendo progressivamente modificada pela expansão urbana, pela supressão da vegetação e pela ocupação das margens dos cursos d'água.

De acordo com as estimativas de Porto (2010), as regiões urbanizadas podem resultar em uma queda drástica na habilidade natural do solo de absorver água, reduzindo as taxas de mais de 70% em condições naturais para menos de 30% em áreas fortemente urbanizadas. Gerando alterações significativas na dinâmica hídrica da região. Essa situação favorece um aumento no escoamento superficial, levando a respostas hidrológicas mais rápidas e intensas durante as chuvas, o que resulta em um aumento tanto no volume quanto na velocidade das correntes, elevando assim a vulnerabilidade a inundações e enchentes, um problema que se torna mais evidente a cada ano, conforme analisado por Porto (2010) ao discutir os efeitos da urbanização no comportamento hídrico das bacias.

Portanto, a retirada da vegetação para o uso de solo causada pelo processo de urbanização, prejudica a conexão ecológica e a diversidade biológica da área estudada, mostrando que o desenvolvimento urbano na sub-bacia do Maguari apresentado na (Figura 5) tem sido comprometedor, enfatizando a urgência de abordagens de planejamento urbano e ambiental que sejam mais coesas e sustentáveis para essa localidade.

5.5 Ocupação das Áreas de Preservação Permanente

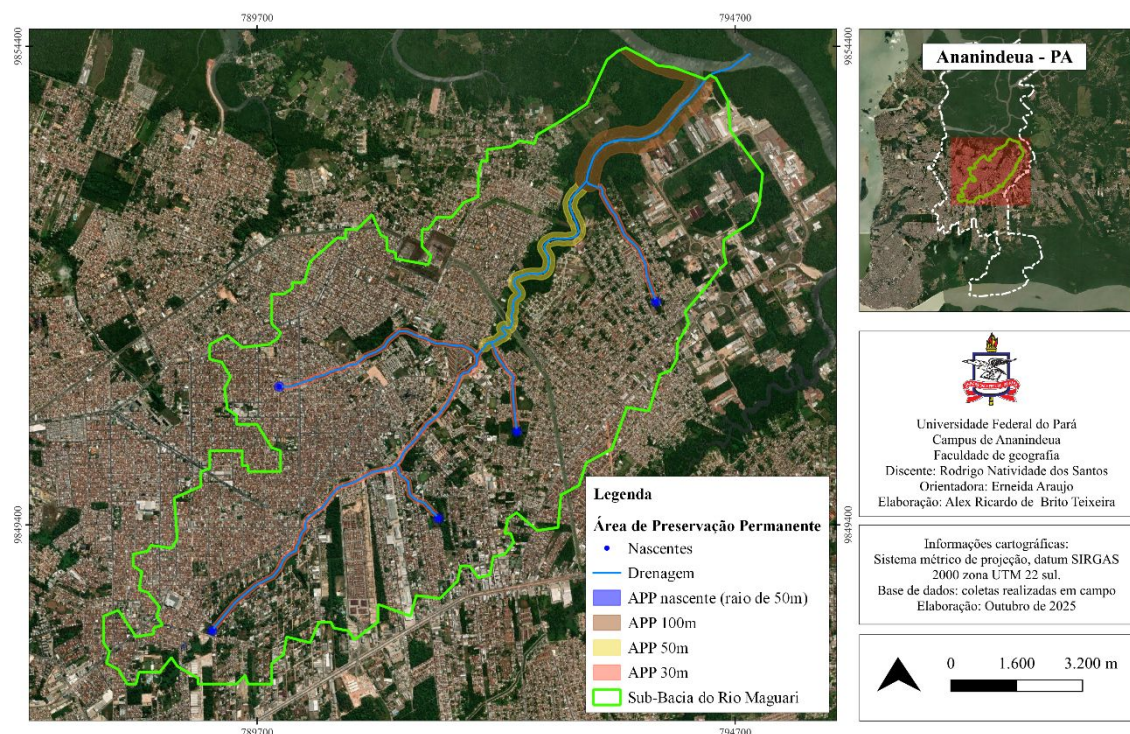
A Figura 6 ilustra o avanço da ocupação sobre as APPs ao longo do rio Maguari-Açu, onde existem ocupações desordenadas e áreas condominiais que se localizam aos entornos ou englobando as nascentes do rio, porém a faixa de mata ciliar para as nascentes deve ser de 50 metros, segundo o artigo 4º, inciso IV do Código Florestal Brasileiro (CFB), dessa forma, não deveria ocorrer a presença de ocupações conforme prevê a legislação, assim as áreas de nascente e entornos do rio Maguari-Açu atualmente ocupadas podem ser consideradas ocupações ilegais (Figura 5). Na sub-bacia estudada também existem cursos d'água que apresentam larguras menores de 10 m, estes são braços do rio Maguari-Açu, que pelo Código Florestal Brasileiro devem possuir limite de faixa marginal de 30 m.

Ao Norte do mapa, no sentido da foz rio se encontra a maior dimensão de largura de vegetação, uma vez que no limite da faixa marginal de proteção é notada a presença de mata nativa, dentro do contorno de 100 metros. No entanto, Santos e Ramos (2017) afirmam que em sua área mais continental o

rio Maguari-Açu tem largura menor que 10 m e chegando próximo a sua foz tem aproximadamente 100 m de largura, pode-se notar que as leis ambientais federais vigentes não são respeitadas ao longo do curso do rio em questão.

A configuração espacial observada demonstra que o processo de expansão urbana se consolidou sobre a área da sub-bacia que possui importância para a manutenção dos recursos hídricos, especialmente na Área de Preservação Permanente.

Figura 6. Áreas de preservação Permanente (APPs) da sub bacia sub bacia do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA



Fonte: Elaborado por Alex Ricardo Teixeira, (2025).

Essa ocupação reduziu a cobertura vegetal e comprometeu parte das funções ambientais desempenhadas por essa área. Estudos recentes desenvolvidos na área da sub-bacia do rio Maguari-Açu apontam que a crescente pressão antrópica sobre os recursos hídricos urbanos tem contribuído para a deterioração da qualidade ambiental e para a perda das funções ecológicas desempenhadas pelas áreas de preservação permanente (Pereira et al., 2024).

Observando as (Figuras 5 e 6), nota-se que o processo de urbanização altera diretamente a dinâmica ambiental e territorial da área da sub-bacia, reduzindo áreas naturais, impermeabilizando o solo e ampliando a pressão sobre os cursos d'água e as Área de Preservação Permanente. Além disso, a ocupação irregular nas proximidades das nascentes e ao longo dos canais de drenagem compromete diretamente o funcionamento hidrológico da sub-bacia, interferindo na infiltração e recarga hídrica, bem como na condução adequada das águas pluviais (Ribeiro, 2018).

Essa situação torna-se ainda mais preocupante quando associada às projeções climáticas discutidas por Nobre (2022) que indicam aumento da frequência e intensidade de eventos extremos. Nesse cenário, a degradação das APP amplia a vulnerabilidade da sub-bacia a episódios de chuvas intensas, alagamentos e inundações, agravando os riscos socioambientais já existentes. Desse modo, torna-se indispensável o fortalecimento das ações de fiscalização, recuperação da vegetação ciliar e ordenamento territorial, visando garantir a preservação das APPs e a sustentabilidade ambiental da sub-bacia do rio Maguari-Açu.

Diante desse cenário, a conservação das APPs assume papel fundamental na manutenção do equilíbrio hidrológico, na proteção das nascentes e na preservação da qualidade ambiental dos cursos d'água. Milaré (2014, p. 987) destaca que:

As Áreas de Preservação Permanente exercem funções ambientais indispensáveis à estabilidade ecológica, especialmente na proteção dos recursos hídricos, na conservação do solo, na manutenção do fluxo gênico da fauna e flora e na garantia do bem-estar das populações humanas, atuando diretamente na preservação das nascentes e dos cursos d'água.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação verificou as mudanças no espaço da sub-bacia do rio Maguari-Açu após a criação da Avenida Radial Norte e parque Vila Maguary. Os resultados indicam que a rodovia funcionou como um acelerador da expansão urbana, promovendo a ocupação desordenada do solo, eliminando áreas de vegetação nativa e afetando os corpos d'água locais.

Diante desta realidade, os resultados indicam a necessidade urgente de iniciativas integradas que incluam a recuperação das APPs degradadas, a regularização das ocupações já estabelecidas e o fortalecimento da participação da comunidade.

A pesquisa fornece uma análise temporal das transformações ambientais que estão em andamento na sub-bacia, as análises realizadas podem servir de base para futuras pesquisas, bem como para ações de planejamento e gestão ambiental voltadas à construção de estratégias mais sustentáveis para o território estudado e à melhoria da qualidade de vida dos habitantes da sub-bacia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.; COSTA, L. **Ecologia Urbana e Fragmentação de Habitats**. Belém: Editora Amazônia, 2020.

ALMEIDA, R.; SANTOS, L. **Parques urbanos e gestão de bacias hidrográficas**. Belém: Editora Amazônia, 2021.

ANANINDEUA. **Relatório de Impacto Ambiental - Avenida Radial Norte**. Secretária Municipal de Urbanismo e Infraestrutura, 2023. 89 p.

ANÁLISES AMBIENTAIS. **Monitoramento de Metais Pesados**. Belém: EA Consultoria, 2023.

ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. 20. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2018.

BARRETTO, M. G. **Gestão participativa de bacias hidrográficas**. São Paulo: Annablume, 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**.

CARVALHO, F. J. R. **Direito Ambiental e Conflitos Fundiários**. 3. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2021.

DIÁRIO DO PARÁ. **Parque Vila Maguari se torna referência em educação ambiental em Ananindeua**. 2024.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

IBGE. **Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IBGE. **Atlas de saneamento: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101885> ♦. Acesso em: 30 jul. 2025.

INPE. **Impactos das Mudanças Climáticas nos Recursos Hídricos Brasileiros**. 2023.

INPE. **Manual Técnico do Topodata**. São José dos Campos: INPE, 2021.

JACOBI, P. R. **Governança da água e sustentabilidade**. Campinas: Editora da Unicamp, 2015.

LAPIG/UFG. **Integração de geodados para análise ambiental**. Goiânia: UFGD, 2022. **brasileiro**. São Paulo: Annablume, 2017.

MAPBIOMAS. **Relatório da Coleção 7**. São Paulo: MapBiomass, 2023.

MAPBIOMAS. **Metodologia Geral da Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. São Paulo: Projeto MapBiomass, 2024.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**. 10. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

NOBRE, C. A. **Gestão hídrica e adaptação climática**. São José dos Campos: INPE, 2022.

OLIVEIRA, R. T. **Degradação Ambiental em Bacias Hidrográficas Urbanas**. São Paulo: Ed. Sustentável, 2021.

OLIVEIRA, T. et al. **Planejamento Territorial e Sustentabilidade**. Curitiba: Editora Sustentável, 2021.

OMS. **Relatório Mundial da Qualidade da Água**. Genebra: OMS, 2021.

PORTO, M. F. A. **Hidrologia urbana: desafios e soluções**. Rio de Janeiro: ABRH, 2010.

PEREIRA, F. M.; PEREIRA JUNIOR, A.; GOMES, D. J. C.; RIBEIRO, H. M. C.; ARAÚJO, J. A. C. de. **Análise da qualidade da água da microbacia hidrográfica** do rio Maguari-Açu, Ananindeua-PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 17, n. 2, p. 845–859, 2024. DOI: 10.26848/rbgf.v17.2.p845-859

PRODANOV, C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo-RS: FEEVALE, 2013.

RIBEIRO, M. L. **Gestão de bacias hidrográficas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

RODRIGUES, A.; GANDARA, B. **Áreas de Preservação Permanente e Legislação Ambiental**. Brasília: IBAMA, 2010.

RODRIGUES, Genisson da Silva. **Estudo da dinâmica da paisagem da sub-bacia do rio Maguari-Açu, Região Metropolitana de Belém (PA)**. Belém: Universidade Federal do Pará, 2023.

SANTOS, M. A **Urbanização Brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

SANTOS, Priscila Costa dos; RAMOS, Ana Cláudia Ferreira. **Geoprocessamento aplicado na análise das áreas de preservação permanente do rio Maguari-Açu no município de Ananindeua – PA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27., 2017, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2017.

SEMMOB. **Plano de Mobilidade da Radial Norte**. Prefeitura de Ananindeua, 2023.

SILVA, A. B.; LIMA, C. D. **Gestão de Áreas de Preservação Permanente no Século XXI**. Belo Horizonte: Editora Sustentabilidade, 2022.

SILVA, A. M. **Impactos da Radial Norte no Desenvolvimento Urbano de Ananindeua**. Belém: Editora Amazônia, 2019.

SILVA, E. F. et al. **Fragmentação de ecossistemas**. Revista Brasileira de Geografia, v. 15, n. 3, 2020.

SILVA, J. P. da. **Impactos socioambientais da expansão urbana na Região Metropolitana de Belém: o caso da Rodovia Radial Norte. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)**. UFPA, Belém, 2019.

SOUZA, C. et al. **Classificação automatizada de uso do solo**. Revista Brasileira de Geomática, v. 11, n. 3, 2023.

SOUZA, J. **Saberes Tradicionais e Gestão Ambiental**. Manaus: Editora da Amazônia, 2019.

SOUZA, L. P.; COSTA, M. F. **Governança e Meio Ambiente: Desafios na Região Metropolitana de Belém**. Belém: UFPA, 2022.

TUCCI, C. E. M. **Gestão integrada de bacias hidrográficas**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2006.

UFPA. **Impactos ambientais e soluções para a sub-bacia do Maguari-Açu. Relatório Técnico**, 2022.

VALERIANO, M.; ROSSETTI, D. **Topodata: Processamento de dados SRTM**. São José dos Campos: INPE, 2012.