ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES (APPs), MARABÁ, PARÁ, BRASIL

ANALYSIS OF LAND USE AND OCCUPATION IN PERMANENT PRESERVATION AREAS (PPAs), MARABÁ, PARÁ, BRAZIL

ANÁLISIS DEL USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO EN ÁREAS DE PRESERVACIÓN PERMANENTE (APPs), MARABÁ, PARÁ, BRASIL

Priscylla Assis Carvalho
Universidade do Estado do Pará (UEPA)
pricarvalho.17@hotmail.com

Norma Ely Santos Beltrão
Universidade do Estado do Pará (UEPA)
normaely@uepa.br

Dênis José Cardoso Gomes
Universidade do Estado do Pará (UEPA)
deniss.feg@gmail.com

Destaques

- O uso e cobertura do solo é essencial para o monitoramento do desmatamento na Amazônia.
- A urbanização desordenada provocou desmatamento em áreas de proteção permanentes.
- Está problemática foi ocasionada pelas migrações da zona rural para a cidade devido a fomentada por fatores socioeconômicos urbanos.
- A detecção dessas formas de impactos ambientais é crucial para uma melhor gestão e planejamento territorial.

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) situadas em áreas urbanas enfrentam crescente expansão urbana. Diante da necessidade de analisar a ocupação dessas áreas, este trabalho tem como objetivo investigar a expansão urbana em uma região da cidade de Marabá, circundada pelo rio Itacaiúnas. A análise concentra-se em oito bairros do núcleo Cidade Nova, avaliando a expansão ocorrida entre 1990 e 2020, bem como investigando as transformações ocorridas na cobertura vegetal em relação a outros usos. Para identificar as diferentes classes de uso do solo, foram utilizados dados do Projeto MapBiomas e manipulados utilizando o *software* livre QGIS, versão 3.16. Primeiramente, foram gerados mapas de uso e cobertura do solo para Marabá nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. A segunda etapa consistiu em avaliar a manutenção da faixa marginal de APPs ao longo do rio Itacaiúnas, por meio da análise da cobertura do solo utilizando imagens *Sentinel* 2. Observou-se uma urbanização intensa, caracterizando uma crescente pressão antrópica sobre a faixa de APPs. Essa urbanização pode ser atribuída, em grande parte, à migração das zonas rurais para a cidade devido a empreendimentos, especialmente no setor siderúrgico, que impulsionaram a economia local. Infraestruturas urbanas foram detectadas na faixa de APPs, tornando necessárias medidas de contenção para a conservação dos serviços ecossistêmicos fornecidos por essa região.

Palavras-chave: Urbanização. Desmatamento. APPs. Impactos Ambientais. Mapeamento.

ABSTRACT

Permanent Preservation Areas (PPAs) located in urban environments face increasing urban expansion. Given the need to analyze the occupation of these areas, this study aims to investigate urban expansion in a region of the city of Marabá, surrounded by the Itacaiúnas River. The analysis focuses on eight neighborhoods in the Cidade Nova district, assessing the expansion that occurred between 1990 and 2020, as well as investigating the transformations in vegetation cover in relation to other land uses. To identify the different land use classes, data from the MapBiomas Project were used and processed using the open-source software QGIS, version 3.16. Initially, land use and land cover maps were generated for Marabá for the years 1990, 2000, 2010, and 2020. The second stage consisted of assessing the maintenance of the marginal strip of PPAs along the Itacaiúnas River by analyzing land cover using Sentinel-2 images. Intense urbanization was observed, indicating increasing anthropogenic pressure on the PPA strip. This urbanization can largely be attributed to migration from rural areas to the city due to industrial developments, particularly in the steel sector, which boosted the local economy. Urban infrastructure was detected within the PPA strip, making containment measures necessary for the conservation of the ecosystem services provided by this region.

Keywords: Urbanization. Deforestation. PPAs. Environmental Impacts. Mapping.

RESUMEN

Las Áreas de Preservación Permanente (APP) ubicadas en zonas urbanas enfrentan una creciente expansión urbana. Ante la necesidad de analizar la ocupación de estas áreas, este trabajo tiene como objetivo investigar la expansión urbana en una región de la ciudad de Marabá, rodeada por el río Itacaiúnas. El análisis se centra en ocho barrios del núcleo Cidade Nova, evaluando la expansión ocurrida entre 1990 y 2020, así como las transformaciones en la cobertura vegetal en relación con otros usos del suelo. Para identificar las diferentes clases de uso del suelo, se utilizaron datos del Proyecto MapBiomas, los cuales fueron procesados con el software libre QGIS, versión 3.16. En primer lugar, se generaron mapas de uso y cobertura del suelo para Marabá en los años 1990, 2000, 2010 y 2020. La segunda etapa consistió en evaluar el mantenimiento de la franja marginal de las APP a lo largo del río Itacaiúnas, mediante el análisis de la cobertura del suelo utilizando imágenes Sentinel-2. Se observó una urbanización intensa, lo que evidencia una creciente presión antrópica sobre la franja de APP. Esta urbanización puede atribuirse, en gran medida, a la migración de las zonas rurales hacia la ciudad debido a los emprendimientos, especialmente en el sector siderúrgico, que impulsaron la economía local. Se detectaron infraestructuras urbanas dentro de la franja de APP, lo que hace necesarias medidas de contención para la conservación de los servicios ecosistémicos que proporciona esta región.

Palabras clave: Urbanización. Deforestación. APPs. Impactos Ambientales. Cartografía.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as cidades brasileiras passaram por um acelerado processo de urbanização, impulsionado principalmente pela insuficiência de moradias (Falcão; Burg; Costa, 2015). O crescimento urbano desordenado, ocasionado pelo fracionamento irregular das formas de uso do solo, gera diversos problemas de cunho ambiental em áreas urbanas (Mesquita *et al.,* 2017), tais como a remoção de grande parte da vegetação para ampliação e construção de vias, edifícios e de parcelamentos de terra, aumentando a cobertura pavimentada (Martelli; Santos, 2015). Essas transformações têm potencial para acarretar outros impactos ambientais mais abrangentes, como por exemplo as modificações climáticas das cidades, causadas pelo processo de urbanização. Por sua vez, essas alterações são caracterizadas pela maior incidência de radiação solar direta, aumento da temperatura do ar, redução da umidade, modificação da direção dos ventos, aumento da emissão de radiação de onda longa e alteração dos ciclos de precipitação (Vargas, 2016).

Os problemas relacionados à degradação ambiental estão associados às alterações dos ecossistemas como resultado do desenvolvimento econômico não

sustentável, de modo que a intensificação do processo de urbanização é considerada como um dos grandes indutores dos atuais problemas ambientais, pois avança sobre áreas florestadas causando a retirada da vegetação e posterior degradação do solo (Stanganini; Lollo, 2018). O uso e ocupação do solo de maneira desordenada é um fator que impacta as áreas legalmente denominadas como Áreas de Preservação Permanente (APPs). Algumas APPs (matas ciliares no trecho do rio Tocantins) localizam-se nas áreas urbanas onde o crescimento populacional, muitas vezes ocasionada pelas migrações e a implantação de grandes empreendimentos que visam o crescimento econômico dessas regiões, ocupam locais inapropriados e proibidos por lei, sem o adequado planejamento ou preocupação com a manutenção desse tipo de ambiente (Silva *et al.,* 2017).

Segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei n° 12.651/2012), as APPs são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. A referida lei ainda considera como APPs, em zonas rurais ou urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, delimitando a faixa mínima a ser preservada a qual depende da largura dos cursos d'água naturais.

Quando se trata das cidades localizadas na região amazônica, onde a trafegabilidade é realizada majoritariamente por hidrovias, muitos municípios foram povoados e construídos nas proximidades das margens e planícies fluviais dos rios (Machado *et al.,* 2017). No estado do Pará, a cidade de Marabá está entre as que mais crescem no Norte do Brasil (Passos; Pinheiro, 2021). Isso pode ser explicado pelos ciclos econômicos que se sucederam, condicionando o desenvolvimento do município e aumentando o contingente populacional, como os ciclos da borracha, da castanha do Pará, do diamante, do ouro, da agropecuária, do ferro, das indústrias, além de outros de menores expressões econômicas (Sousa *et. al.,* 2017).

Diante deste contexto e no atual cenário das discussões políticas, econômicas e sociais, é imprescindível a análise e monitoramento dessas áreas, tendo em vista a constante degradação do meio natural com consequências cada vez mais complexas, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos e que influenciam diretamente na qualidade de vida das sociedades (Landin; Giatti, 2014). O planejamento urbano é considerado uma

ferramenta de fundamental importância para minimização de tais impactos, assim como para o desenvolvimento das cidades, pois a ordenação do território disciplina a instalação de atividades e empreendimentos, de maneira que se reduzam os danos causados ao meio ambiente pelo crescimento populacional (Pereira Júnior *et al.,* 2015).

A necessidade de gerenciamento das áreas sensíveis/impróprias a usos urbanos em cidades de médio e grande porte é refletida nos constantes sinais de impactos ambientais e exposição da saúde e segurança dos cidadãos, principalmente em estações chuvosas, quando um cenário de risco ambiental é evidenciado nas cheias do rio (Cunha *et al.,* 2017). Os mesmos autores reforçam que o reconhecimento dos conflitos urbanos de uso e ocupação dessas áreas possibilita um gerenciamento adequado, baseado nos preceitos fundamentais do planejamento urbano e orientando para a prevenção de desastres através de políticas que considerem o fator social e ambiental.

O uso de imagens geradas por Sensoriamento Remoto (SR), aliado ao uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) geram dados substanciais para o planejamento territorial e ambiental (Neves *et al.,* 2020). De fato, as geotecnologias têm sido amplamente utilizadas para mapear e monitorar recursos naturais terrestres, se destacando como uma alternativa mais viável e ágil, compondo um importante conjunto de ferramentas aplicáveis ao planejamento geográfico para a obtenção de dados a serem utilizados no planejamento e zoneamento, além de auxiliar a investigação do adequado uso do solo (Mendes *et al.,* 2019).

A cidade de Marabá possui sua morfologia sob a condição da influência do curso dos rios Itacaiúnas e Tocantins, o que a caracteriza como uma cidade ribeirinha (Silva; Nascimento, 2020). Caracteriza-se como uma imensa área de risco, relacionada à ocupação antrópica irregular em terrenos naturalmente sujeitos a alagamentos sazonais, provocados por aumento pluviométrico nas cabeceiras dos rios. A ocupação inadequada do território marabaense provoca anualmente várias perdas materiais, assim como desalojamento de várias famílias (CPRM, 2012).

Diante da necessidade de analisar a ocupação espacial de áreas ambientalmente sensíveis, especialmente aquelas situadas às margens dos rios, este estudo tem como objetivo investigar a expansão urbana em uma região da cidade de Marabá, localizada no sudeste do estado do Pará e circundada pelo rio Itacaiúnas. A análise espaço-temporal contempla oito bairros do núcleo Cidade Nova, abrangendo o

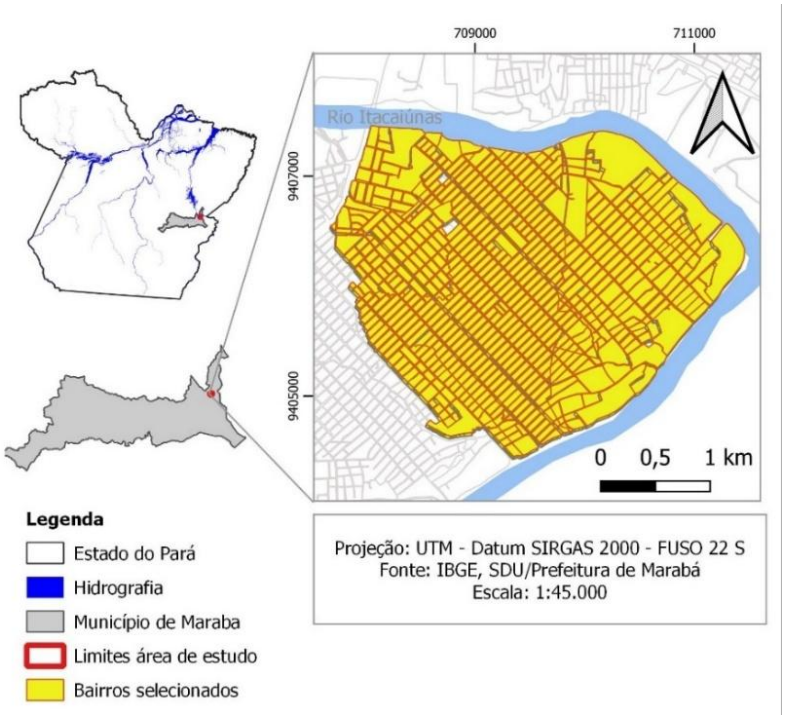
período de 1990 a 2020, com o propósito de identificar as transformações ocorridas, em especial a conversão de áreas com cobertura vegetal para outros tipos de uso do solo. Além disso, busca-se compreender as pressões associadas ao processo de expansão urbana nesses bairros e caracterizar as classes atuais de uso e cobertura do solo na faixa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo do rio Itacaiúnas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Marabá (Figura 1) está localizado no sudeste do estado do Pará e possui uma área de 15.157,90 km^2 (área urbana e rural). Sua altitude média é de 125 m em relação ao nível do mar, possuindo em seu território florestas densas, florestas abertas e áreas alteradas (Oliveira *et al.,* 2019). De acordo com a classificação Köppen-Geiger, o clima da região é Tropical Chuvoso de Selva Isotérmico, com temperatura média de 28 °C e precipitação média anual de 1925,7 mm/ano (Pontes; Cardoso, 2016). A sede do município de Marabá está situada nas proximidades dos rios Tocantins e Itacaiúnas, a 475 km da capital Belém, na rodovia PA-150.

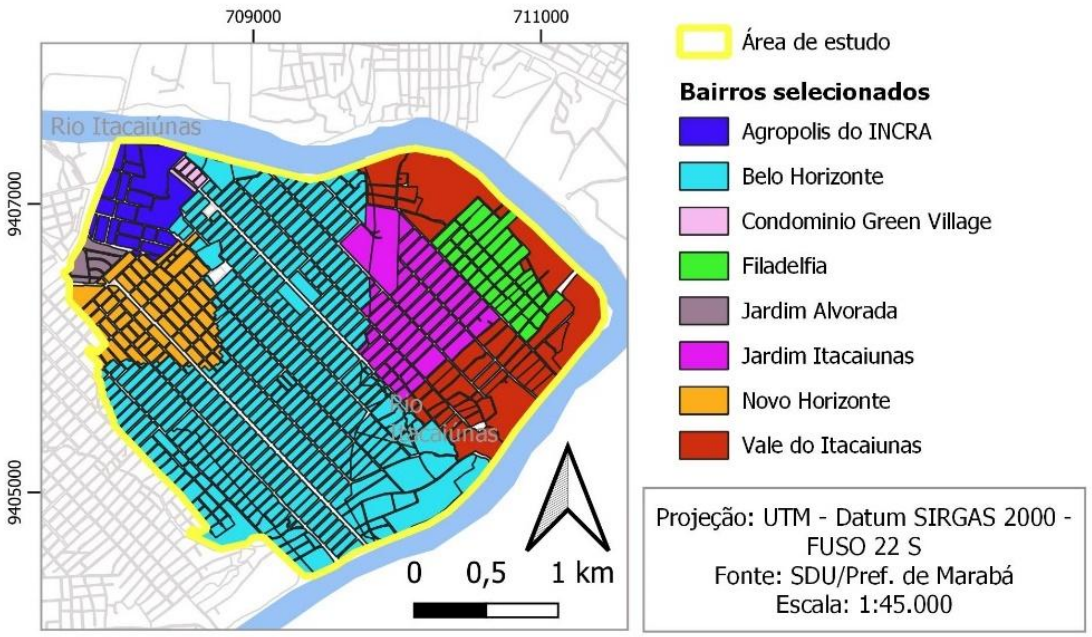
Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Marabá (PA).



Fonte: Autores (2022).

A macrozona urbana na sede municipal é dividida em 5 núcleos, sendo eles: Nova Marabá, Cidade Nova, Marabá Pioneira, São Félix e Morada Nova. A área de estudo está inserida no núcleo Cidade Nova e conforme o Plano Diretor Participativo do Município, subdivide-se nos setores: Consolidado, em Consolidação, de Uso Controlado e de Recuperação e Qualificação. Para delimitação da área de estudo foram selecionados 8 bairros situados no núcleo Cidade Nova: Agropólis do INCRA, Belo Horizonte, Condomínio GreenVillage, Filadelfia, Jardim Alvorada, Jardim Itacaiúnas, Novo Horizonte e Vale do Itacaiúnas, conforme apresentado na Figura 2. Os dados para realização da delimitação da área de estudo foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Marabá através da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SDU).

Figura 2 - Área dos bairros localizados no núcleo Cidade Nova.



Fonte: Autores (2022).

Classificação do Uso e Ocupação do Solo

Para a classificação e quantificação das classes de uso e cobertura da terra, foram utilizados dados disponibilizados pelo Projeto MapBiomas por meio da plataforma *Google Earth Engine* (GEE), posteriormente processados no *software* livre QGIS, versão 3.16. O Projeto MapBiomas (2022) é uma iniciativa colaborativa composta por

organizações não governamentais (ONGs), universidades e empresas de tecnologia, que tem como objetivo produzir e disponibilizar mapas temáticos de uso e cobertura do solo no Brasil. Além disso, o projeto fornece informações e estatísticas anuais em diferentes escalas — local, regional e municipal — contribuindo significativamente para análises ambientais e territoriais (Neves *et al.,* 2020; Silva *et al.,* 2020).

O Projeto MapBiomas utiliza imagens da coleção *Landsat*, com resolução espacial de 30 metros, para gerar mapas anuais de uso e cobertura do solo dos biomas brasileiros (MAPBIOMAS, 2022). O processamento dessas imagens é realizado na plataforma *Google Earth Engine* (GEE), onde os dados são automatizados e distribuídos. A plataforma dispõe de uma base metodológica comum a todos os biomas brasileiros, complementada por procedimentos específicos que envolvem a seleção e avaliação dos dados a serem processados, além da aplicação de métodos estatísticos para diagnosticar mudanças na cobertura do solo ao longo do tempo e do espaço (MAPBIOMAS, 2022).

Segundo Ganem (2017), essa metodologia permite identificar fatores associados ao grau de preservação da vegetação nativa, aos padrões de urbanização e ao nível de degradação ambiental observados em cada bioma.

Neste estudo, foram gerados mapas de uso e cobertura do solo para o município de Marabá referentes aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. Utilizando a ferramenta *Clip* do *software* QGIS, versão 3.16, foi realizado o recorte de cada *raster* anual, restringindo-os à área de estudo. Em cada recorte foram mantidas as classificações originais definidas pelo Projeto MapBiomas.

Com o objetivo de facilitar a interpretação dos resultados, as classes originais foram agrupadas em seis categorias principais de uso e cobertura do solo: formação florestal, formação savânica, formação campestre, pastagem, infraestrutura urbana e corpo hídrico. Detalhamentos sobre a definição dessas classes e suas respectivas chaves de interpretação podem ser consultados na documentação técnica do Projeto MapBiomas (https://chave.lapig.iesa.ufg.br/pt/).

Após a vetorização dos *rasters*, os quantitativos de cada classe foram calculados com o auxílio da Calculadora de Campo do QGIS 3.16. O *software* também foi empregado nas análises qualitativas e quantitativas, bem como na elaboração dos mapas temáticos de uso e cobertura do solo resultantes deste estudo.

A segunda etapa da análise consistiu em avaliar o grau de manutenção da faixa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) localizada ao longo do rio Itacaiúnas, na área de estudo. De acordo com o Código Florestal Brasileiro (CFB), instituído pela Lei nº 12.651/2012, são definidos parâmetros mínimos para a extensão das APPs, tendo como referência a borda da calha do leito regular do curso d'água, conforme disposto no artigo 4º, incisos I e II. Com base nesses critérios, delimitou-se uma faixa de 100 metros para as APPs do rio Itacaiúnas, considerando que o rio apresenta largura média de aproximadamente 200 metros em grande parte do trecho adjacente à área analisada, atendendo, assim, às determinações legais.

Para a classificação de uso e cobertura do solo das APPs, utilizaram-se imagens de satélite da coleção *Sentinel*-2, corrigidas para reflectância de superfície, com resolução espacial de 10 metros, o que possibilitou uma melhor identificação das classes. As imagens foram obtidas a partir dos dados disponibilizados na plataforma *Google Earth Engine* (GEE, 2022), permitindo o processamento em ambiente de computação em nuvem.

Por meio de um script desenvolvido especificamente para esta pesquisa, foram selecionadas as imagens de melhor qualidade disponíveis para o ano de 2021, correspondentes à data de 24 de julho de 2021. Entre os diferentes métodos de classificação de imagens testados, optou-se pelo algoritmo Random Forest, baseado em técnicas de aprendizado de máquina (*Machine Learning*), por apresentar os melhores índices de acurácia — conforme a análise quantitativa da exatidão do mapeamento — e maior similaridade visual em relação às imagens originais de satélite.

Com o intuito de atender aos objetivos específicos desta etapa, as classes de uso e cobertura do solo foram agrupadas em duas categorias principais:

1. Florestada – áreas com predominância de vegetação arbórea;
2. Não florestada – áreas convertidas para outros usos ou sem cobertura vegetal significativa.

A validação da classificação temática foi realizada de forma indireta, utilizando a matriz de confusão e o Índice *Kappa*, calculados a partir de amostras de referência obtidas por interpretação visual de imagens *Sentinel*-2 de alta resolução e imagens históricas disponibilizadas pelo *Google Earth*. Essa abordagem, amplamente

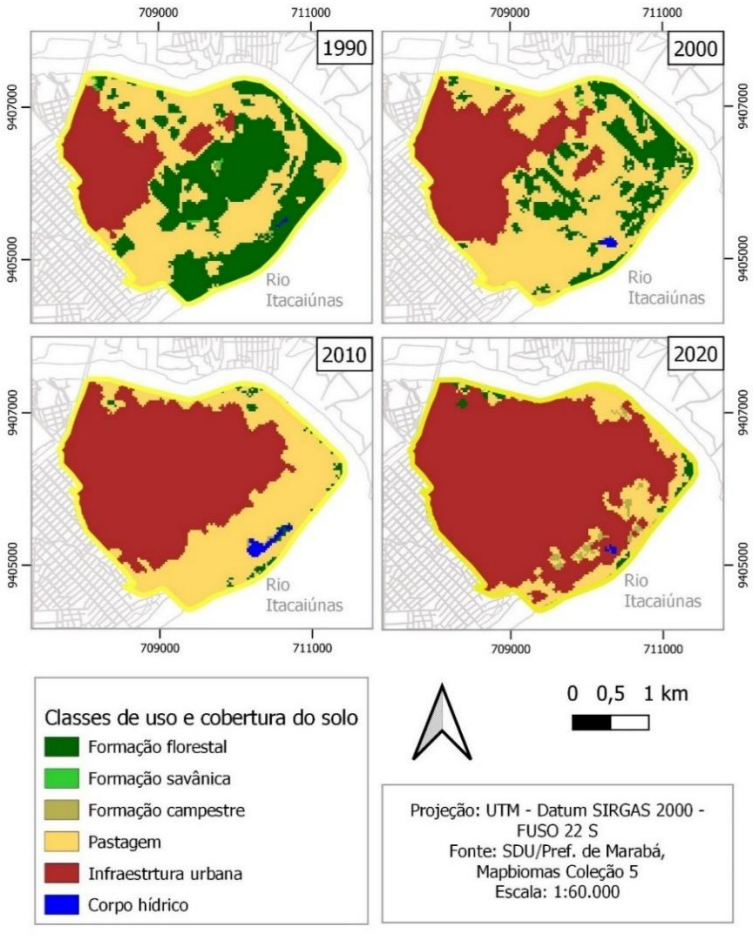
utilizada em estudos de sensoriamento remoto quando não há possibilidade de validação in loco, pois permitiu avaliar a acurácia global e o grau de confiabilidade da classificação.

Embora não tenha sido realizado trabalho de campo específico para este estudo, foram utilizadas evidências complementares provenientes de registros fotográficos e bases cartográficas oficiais (IBGE, MapBiomas e IDEFLOR-Bio), que possibilitaram corroborar a coerência espacial e temática dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme apresentado na Figura 3, em 1990 observou-se a concentração do núcleo urbano na porção oeste da cidade, enquanto as áreas de pastagem se distribuíam por diferentes setores do território municipal. Já a cobertura vegetal predominava no setor leste, evidenciando uma ocupação ainda limitada dessa região naquele período.

Figura 3 - Variabilidade espaço-temporal da urbanização no município de Marabá – PA.



Fonte: Autores (2022).

Após uma década, observou-se o crescimento da ocupação urbana em direção ao setor leste, acompanhado pela expansão das áreas de pastagem, o que resultou na redução significativa da cobertura florestal. No ano de 2010, destaca-se o expressivo avanço das infraestruturas urbanas, associado à presença de extensas áreas de pastagem adjacentes — um cenário que evidencia a intensificação da degradação ambiental no município de Marabá.

Mais recentemente, em 2020, verifica-se a ampla dominância do núcleo urbano, com a conversão de antigas áreas de pastagem em zonas de ocupação populacional. Os poucos remanescentes de vegetação localizados nas porções oeste e noroeste do município indicam a forte pressão antrópica sobre esses ambientes, reforçando a tendência de urbanização contínua e a perda de cobertura vegetal nas áreas periféricas.

A Tabela 1 descreve áreas correspondentes a cada classe e sua dinâmica ao longo dos anos, onde observa-se em 1990 maior presença da formação florestal (38,8 %), pastagem (38,9 %) e infraestrutura urbana, que tiveram porcentagens mais significativas em relação às outras classificações. Nos anos posteriores de 2000 (18,8 %), 2010 (2,1 %) e 2020 (1,8 %) a redução da cobertura florestal foi significativa. Outro destaque foi a evolução considerável da infraestrutura urbana a partir do ano de 1990 (21,5 %), onde nos anos seguintes de 2000 (32, %), 2010 (60,1 %) e 2020 (81 %) houve grande expansão desta classe.

Tabela 1 - Evolução das classes de cobertura e uso do solo na área de estudo entre os anos de 1990 e 2020.

Descrição	Anos			
	1990	**2000**	**2010**	**2020**
Formação Florestal	301,83	146,37	16,2	13,89
Formação savânica	1,95	0,44	-	0,17
Campo alagado	-	-	-	2,22
Formação campestre	1,51	0,08	0,97	13,53
Pastagem	302,36	377,5	283,48	114,49
Infraestrutura urbana	167,38	248,58	466,54	628,95
hidrografia	1,42	3,47	9,25	3,20
Total (ha)	776,45	776,45	776,45	776,45

Fonte: Autor (2022). Adaptado do MapBiomas (2022).

Vale ressaltar que houve um aumento populacional na década de 90, explicado em grande parte pelo fluxo migratório gerado pela implantação de siderúrgicas no município de Marabá. Segundo Almeida (2009), a partir de 1995 Marabá evoluiu em função dos impactos gerados pelas políticas públicas implantadas nos últimos 30 anos, sobretudo em relação ao Projeto Grande Carajás (PGC).

Conforme Souza e Carvalho (2018), o aumento das construções urbanas em Marabá no ano de 2010 ocorreu devido a momentos específicos da economia local, em que favoreceram fluxos migratórios para o município com o auge da indústria siderúrgica em 2005 e posteriormente o anúncio da implantação do empreendimento Aços Laminados do Pará (ALPA). Segundo os autores, estes momentos voltados para a economia favoreceram não apenas os fluxos migratórios, mas também desencadearam alterações no mercado imobiliário.

Diante da alta densidade populacional e do intenso uso dos recursos naturais, as áreas urbanas representam um subconjunto particular da ocupação humana, no qual o sistema ecológico urbano desempenha papel essencial para a sobrevivência e o bem-estar da população, ao promover a conexão entre as pessoas e a natureza (Anguluri; Narayanan, 2017). Contudo, o crescimento urbano acelerado, quando não acompanhado de adequado ordenamento territorial, tende a gerar impactos ambientais significativos, especialmente em áreas de maior interesse ecológico e ambiental.

Observa-se atualmente a existência de grandes desafios na manutenção das faixas de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo do rio Itacaiúnas, que atravessa o município de Marabá — uma cidade em pleno processo de expansão urbana. Tais problemáticas decorrem, provavelmente, da carência de um planejamento urbano eficaz, capaz de conciliar o crescimento da malha urbana com a preservação ambiental.

A análise da dinâmica de uso e cobertura do solo evidencia um processo acelerado de conversão da cobertura florestal em áreas residenciais, realizado sem a devida preocupação em manter áreas verdes estratégicas, que poderiam contribuir para a melhoria da qualidade ambiental e do bem-estar da população local. Segundo Muñoz e Freitas (2017), as florestas urbanas oferecem importantes serviços ecossistêmicos, atuando como espaços de lazer, regulação térmica e proteção da biodiversidade.

Assim como as áreas florestadas foram suprimidas em decorrência da expansão urbana, as faixas de APPs ao longo do rio Itacaiúnas encontram-se sob risco de

degradação progressiva, ameaçando a efetividade de sua função ecológica. A perda dessas áreas pode resultar, no futuro, em impactos ambientais severos, como a redução da capacidade de contenção de cheias, o aumento da erosão das margens e o consequente assoreamento de trechos do rio.

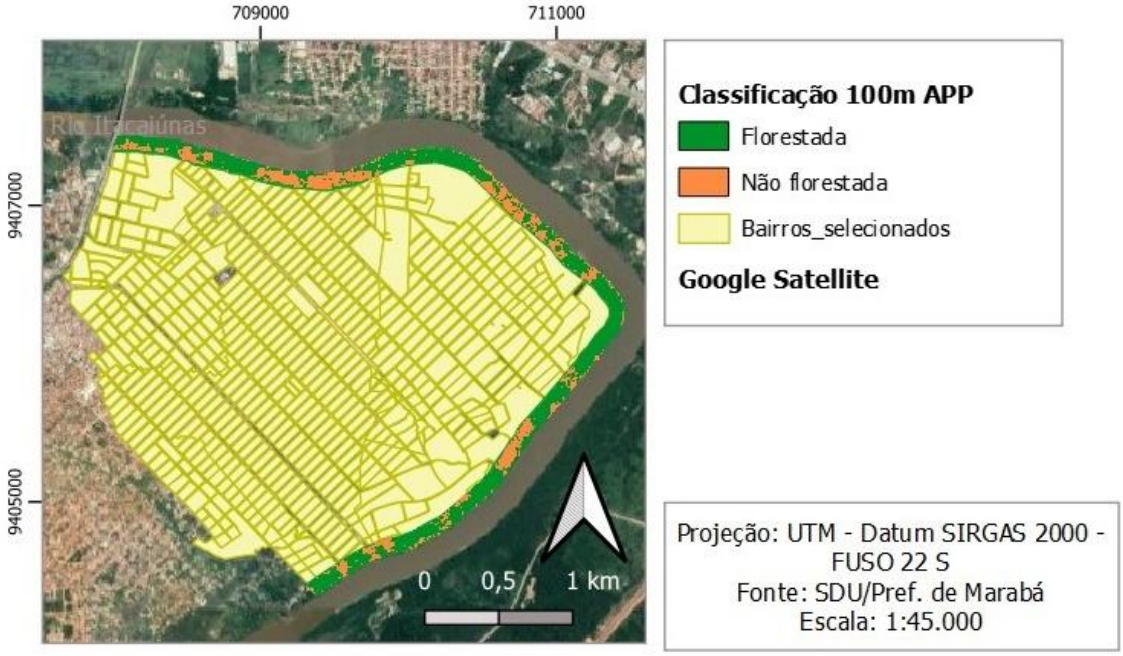
Com relação à manutenção da faixa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) de 100 metros ao longo do rio Itacaiúnas, adjacente à área selecionada para este estudo, os mapas apresentados na Figura 3 não permitem uma visualização suficientemente detalhada, uma vez que foram elaborados a partir de dados espaciais da coleção Landsat, cuja resolução espacial é de 30 metros.

Diante dessa limitação, optou-se por realizar uma nova classificação temática, restrita à faixa de APPs, utilizando imagens Sentinel-2 referentes ao ano de 2021, que apresentam maior resolução espacial (10 m), possibilitando uma análise mais precisa da ocupação e conservação da vegetação ripária.

O estado atual de conservação da faixa de APPs urbana é apresentado na Figura 4, a partir de uma classificação simplificada em duas categorias: áreas florestadas e áreas não florestadas. Essa classificação foi sobreposta ao mapa da área de estudo, correspondente ao trecho do rio Itacaiúnas que margeia a zona urbana analisada. Os resultados indicam que, em 2021, aproximadamente 64,27% da faixa de APPs apresentava cobertura florestal, enquanto 35,73% encontrava-se sem vegetação nativa, revelando o grau de antropização ao longo do curso urbano do rio Itacaiúnas.

Tais resultados confirmam a crescente urbanização em áreas que deveriam ser mantidas com vegetação por lei. Segundo Tambosi *et al.,* (2015), a manutenção das APPs hídricas com vegetação florestal ripária é extremamente importante para a adequada função dos desempenhos eco-hidrológicos destas áreas, tais como a retenção de sedimentos oriundos do escoamento superficial, a diminuição da velocidade da água com proteção das margens dos córregos contra desbarrancamentos, a melhoria na infiltração da água, a conservação de biodiversidade, entre outros.

Figura 4 - APPs e sua classificação para o ano 2021.



Fonte: Autores (2022).

No que diz respeito a expansão urbana, Agujaro *et al.,* (2018) afirmam que a manutenção de boas condições de preservação das áreas verdes, dentre estas as APPs, produz diversos benefícios como conforto térmico, regulação do microclima, diminuição da poluição atmosférica e sonora, melhoria dos aspectos estéticos e paisagísticos da malha urbana, criação de espaços para recreação e contato com a natureza, dentre outros fatores que contribuem para a construção de cidades saudáveis.

Diante da importância de manter essas áreas efetivamente protegidas e florestadas, observa-se que, em muitas cidades amazônicas, as APPs hídricas apresentam paisagens degradadas e ocupadas por estruturas urbanas, resultado direto da expansão desordenada e da ausência de planejamento territorial.

Em seus estudos, Silva Neto e Aleixo (2019) identificaram que um terço das APPs hídricas da cidade de Manaus (AM) se encontrava degradado no ano de 2017. De forma semelhante, Silva *et al.,* (2017), ao analisarem imagens de satélite referentes aos anos de 2009 e 2013, constataram que 65% das APPs localizadas na zona urbana de Porto Velho (RO) apresentavam algum grau de antropização, evidenciando a vulnerabilidade dessas áreas mesmo em capitais amazônicas.

Em relação ao município de Marabá, o estudo de Oliveira et al., (2019) indica que as alterações observadas nas APPs situadas na margem esquerda do rio Itacaiúnas estão associadas ao processo de expansão urbana do bairro Filadélfia, área localizada dentro dos limites da presente pesquisa. Essas alterações decorrem, principalmente, do crescimento populacional acelerado do município e da baixa sensibilidade ambiental dos moradores quanto à importância da preservação dessas áreas.

Destaca-se, ainda, a ausência de um planejamento ambiental e territorial eficaz, evidenciada por falhas na gestão urbana que permitiram o avanço de habitações sobre áreas legalmente protegidas. Essa situação é agravada pela deficiência na implementação de infraestrutura básica, especialmente nos setores de saneamento ambiental, o que contribui para ampliar os impactos negativos sobre o ambiente urbano e sobre a integridade das APPs.

CONCLUSÕES

As ferramentas de geotecnologia mostraram-se relevantes e eficientes na identificação das mudanças no uso e ocupação do solo, especialmente para analisar qualitativa e quantitativamente o aumento da urbanização em áreas que antes eram cobertas por florestas e pastagens. Os resultados deste estudo indicaram uma expansão considerável da infraestrutura urbana no núcleo Cidade Nova (1990 a 2020), que avançou especialmente sobre áreas anteriormente vegetadas.

O bairro que apresentou o maior desflorestamento em Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi o Belo Horizonte, o que pode ser explicado pelo fato de ser o maior bairro do núcleo. De acordo com o Código Florestal Brasileiro, as faixas de APPs devem ser mantidas em seu estado original, sem qualquer forma de intervenção humana. No entanto, este estudo revelou que aproximadamente 37% das APPs analisadas estavam ocupadas por construções civis e com tendência de aumento, devido à expansão ocorrida nas décadas anteriores.

O avanço do uso e ocupação do solo em áreas de interesse ambiental pode estar causando diversos impactos socioambientais, como a perda da biodiversidade, a degradação dos recursos hídricos e o desequilíbrio térmico, além do surgimento de assentamentos irregulares com baixa ou nenhuma infraestrutura de saneamento básico,

resultando em um cenário de precariedade que pode acarretar vários problemas de saúde pública. Recomenda-se que os responsáveis pelas políticas públicas e os tomadores de decisão em gestão urbana considerem esses resultados a fim de promover intervenções que ordenem a expansão urbana nessas áreas, com foco especial na proteção e recuperação das APP´s.

REFERÊNCIAS

AGUJARO, L.F.; COLLAÇO, J.F.L.; PINTO, A.G. O regramento ambiental de parcelamento do solo como instrumento para a cidade saudável no estado de São Paulo. **Labor e Engenho**, v. 12, n. 4, p. 519-524, 2018.

ALMEIDA, J.J. A Cidade de Marabá Sob o Impacto dos Projetos Governamentais (1970-2000). **Fronteiras**, Dourados, MS, v. 11, n. 20, p. 167-188, 2009.

ANGULURI, R.; NARAYANAN, P. *Role of green space in urban planning: outlook towards smart cities*. ***Urban Forestry & Urban Greening***, v. 25, p. 58-65, 2017.

BRASIL. Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível:https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20112014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso: 20/12/2020.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do Estado do Pará: Levantamento da Geodiversidade**. Belém, v. 1. 2012. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_PA.pdf. Acesso: 06/09/2021.

CUNHA, J.P.S.; LUCENA, R.C.F.; SOUSA, C.A.F. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: o caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 5, n. 30, p. 42-50, 2017.

FALCÃO, M.T.; BURG, I.P.; COSTA, J.A.V. Expansão urbana de Boa Vista/RR e os reflexos sobre os recursos hídricos. **Revista Equador**, v. 4, n. 2, p. 98-113, 2015.

GANEM, K. A. (2017). **Classificação da cobertura do solo na caatinga a partir de imagens do Landsat-8 e da Engine: uma comparação entre dados com e sem correção atmosférica**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade de Brasília. Disponível: https://repositorio.unb.br/handle/10482/23501. Acesso: 02/12/2018.

GEE. Google Earth Engine. Disponível: https://developers.google.com/earthengine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR. Acesso: 02/09/2022.

LANDIN, Rubens; GIATTI, Leandro Luiz. Política de mudança do clima no município de São Paulo, Brasil: reflexividade e permeabilidade do Setor Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 4149-4156, 2014.

MACHADO, T.C.E.; CAMPOS, M.C.C.; PEGANI, C.H.P.; CUNHA, J.M.; SOARES, M.D.R. Avaliação do uso e ocupação das Áreas de Preservação Permanente nos de 2008 e 2013 na zona urbana de Humaitá, Amazonas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 2, p. 744-750, 2017.

MARTELLI, A.; SANTOS JUNIOR, A.R. Arborização urbana do município de Itapira-SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **Revista Eletrônica de Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1018-1031, 2015.

MENDES, I.L.F.; REIS FILHO, A.A.; SPINDOLA, G.M. Uso do SIG na delimitação e mapeamento das áreas de preservação permanente do rio Poti (Teresina/PI). ***Brazilian Journal of Development***, v. 5, n. 1, p. 864-875, 2019.

MESQUITA, F.N.; SILVESTRE, K.S.; STEINKE, V.A. Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em Áreas de Proteção Permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 722-734, 2017.

MUÑOZ, A.M.M.; FREITAS, S.R. Importância dos Serviços Ecossistêmicos nas cidades: revisão das publicações de 2003 a 2015. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, p. 89-104, 2017.

NEVES, R.K.R.; BATISTA, I.H.; SILVA, J.R.C.; SOUZA FILHO, E.A.; NEVES, E.P. L. Evolução Espaço-Temporal do Uso e cobertura da terra na Bacia do rio Puraquequara (Manaus-AM). **Caminhos de Geografia**, v. 21. n. 73, p. 347-355, 2020.

OLIVEIRA, G.P.; MAIA, J.O.; ALBUQUERQUE, A.R.; PEREIRA JÚNIOR, A. Influência da urbanização em Área de Preservação Permanente (APP) no bairro Filadélfia – Marabá (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente,** v. 5, n. 1, p. 039-054, 2019.

PASSOS, J.S.; PINHEIRO, M.V.R. Sensoriamento remoto aplicado à análise da evolução da mancha urbana em Marabá-PA entre os anos de 1999 a 2019: implicações socioambientais. **Revista Geografia em Atos (Online)**, v. 5, p. 1-17, 2021.

PEREIRA JÚNIOR, A.; OLIVEIRA, B.R.S.; PEREIRA, E.R. Divergências entre o plano diretor participativo e a expansão urbana desordenada: o caso do município de Marabá. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2459-2466, 2015.

PONTES, L.B.; CARDOSO, A.C.D. *Open spaces: windows for ecological urbanism in the Easter Amazon.* ***Brazilian Journal of Urban Management***, v. 8, n. 1, p. 96-112, 2016.

PROJETO MAPBIOMAS. (2022). **Coleção 6 da série anual de mapas de cobertura e uso do solo do Brasil**. Disponível: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso: 20/06/2022.

SILVA NETO, J.C.A.; ALEIXO, N.C.R. Análise temporal da incompatibilidade das Áreas de Preservação Permanente fluviais e uso da terra na cidade de Manaus – Amazonas – Brasil. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, p. 7, n. 45, p. 64-79, 2019.

SILVA, A.F.C.; COSTA, M.S.S.; BOTELHO, M.G.L.; FURTADO, L.G.; BATISTA, V. A.; CARNEIRO, C.R.O.; MORALES, G.P. Impactos das alterações no uso e cobertura do solo no Município de Altamira, Pará. ***Research, Society and Development***, v. 9, n. 8, p. 1-14, 2020.

SILVA, H.R.O.; GUIMARÃES, S.C.P.; OLIVEIRA, L.B. O uso do geoprocessamento na espacialização e avaliação das Áreas de Preservação Permanente: cidade de Porto Velho-RO. **Confins**, v. 5, n. 30, p. 112-132, 2017.

SILVA, M.E.C.; NASCIMENTO, N.N. Triplicidade e Interações espaciais: A Centralidade dos Três Núcleos Em Marabá-PA. **Revista Caminhos da Geografia**, v. 21, n. 74, p. 21–36, 2020.

SOUSA, A.M.S.; OLIVEIRA, D.N.; ZEN, E.Z; FERREIRA, M.L.O; PEREIRA, R.M. Economia Regional: Uma análise dos setores que compõe a economia da microrregião de Marabá-PA. **Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, **São Cristóvão-SE**. 2017.

Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8588/2/EconomiaRegionalMaraba.pdf. Acesso em: 10/09/2019.

SOUZA, M.V.M.; CARVALHO, M.R.S. A produção do espaço urbano em Marabá- PA e sua relação com as ocupações urbanas: o caso do bairro Nossa Senhora Aparecida. **Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 66, p. 116-132, 2018.

STANGANINI, F.N; LOLLO; J.A. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, Supl. 1, p. 118-128, 2018.

TAMBOSI, L.R.; VIDAL, M.M.; FERRAZ, S.F.B.; METZGER, J.P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29. n. 84, p. 151-162, 2015.

VARGAS, M.A.R. Moradia e pertencimento: a defesa do Lugar de viver e morar por grupos sociais em processo de vulnerabilização. **Cadernos Metrópole**, v. 18, n. 36, p. 28-39. 2016.

Recebido em junho de 2023.

Revisão realizada em outubro de 2025.

Aceito para publicação em abril de 2026.