Expansão da mancha urbana em Marituba/PA entre 2015 e 2025: uma análise por meio de índices espectrais e imagens Landsat 8

Expansion of the urban area in Marituba, Pará, between 2015 and 2025: an analysis using spectral indices and Landsat 8 imagery.

Yasmim Leão Cerejo[1]

Milena de Araújo Limoeiro[2]

RESUMO: O presente trabalho analisou o crescimento da mancha urbana no município de Marituba/PA entre 2015 e 2025, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Para tanto, utilizaram-se imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI, processadas em reflectância de superfície (Level-2), adquiridas na plataforma Brazil Data Cube do INPE, manipuladas em linguagem Python no ambiente Google Collaboratory. O processamento envolveu reprojeção das imagens, empilhamento de bandas, recorte para a área de estudo e aplicação dos índices espectrais Normalized Difference Built-up Index (NDBI) e Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), combinados para geração de uma máscara de área urbana refinada. Os resultados indicaram uma área urbana de 9,50km² em 2015 e 10,36km² em 2025, representando um crescimento de 8,98%, concentrado majoritariamente no entorno da BR-316. A comparação com os dados do MapBiomas (Coleção 10.1) resultou em um percentual de concordância de 92,61% para 2015 e 92,27% para 2025, o que evidencia a viabilidade da metodologia baseada em índices espectrais para os objetivos propostos, sobretudo em função da escala municipal da análise. Verificou-se que as áreas mais pressionadas pelo avanço urbano correspondem às APP associadas ao Rio Macajatuba e aos Igarapés Ananindeua, Santo Amaro e Bartolomeu. Não foi identificada ocupação urbana na área da REVIS Metrópole da Amazônia, embora indícios de ocupação incipiente tenham sido observados na porção centro-oeste do município. Conclui-se que o crescimento urbano de Marituba está associado à sua posição geográfica estratégica em relação à BR-316, eixo viário de acesso à capital do estado.

Palavras-chave: mancha urbana; índices espectrais; sensoriamento remoto; marituba.

ABSTRACT: This study analyzed the growth of the urban sprawl in the municipality of Marituba/PA between 2015 and 2025, using remote sensing and geoprocessing techniques. Landsat 8 satellite images, OLI sensor, processed as surface reflectance (Level-2), were acquired from the Brazil Data Cube platform of INPE and manipulated using Python in the Google Colaboratory environment. The processing involved image reprojection, band stacking, clipping to the study area, and application of the spectral indices Normalized Difference Built-up Index (NDBI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), combined to generate a refined urban area mask. Results indicated an urban area of 9.50 km² in 2015 and 10.36 km² in 2025, representing a growth of 8.98%, concentrated mainly around the BR-316 highway. The comparison with MapBiomas data (Collection 10.1) resulted in agreement percentages of 92.61% for 2015 and 92.27% for 2025, indicating that the spectral index-based methodology is viable for the proposed objectives, particularly given the municipal scale of the analysis. The areas most pressured by urban expansion correspond to the Permanent Preservation Areas (APP) associated with the Macajatuba River and the Ananindeua, Santo Amaro and Bartolomeu streams. No urban occupation was identified in the Wildlife Refuge (REVIS) Metrópole da Amazônia, although incipient signs of occupation were observed in the central-western portion of the municipality. It is concluded that the urban growth of Marituba is associated with its strategic geographical position in relation to BR-316, the road axis connecting to the state capital.

Keywords: urban area; spectral indices; remote sensing; marituba.

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Remanso / yasmim.cereja03@gmail.com
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano / milena.limoeiro@ifbaiano.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Marituba é uma município localizado na região metropolitana de Belém, desenvolveu-se ainda como povoado em 1907 a partir da antiga estrada de ferro Belém-Bragança, e das necessidades de apoio aos funcionários que trabalham na construção da ferrovia. Cercada de igarapés e florestas, desenvolveu-se pautando sua principal atividade em agricultura, dessa maneira cresceu ao longo dos anos até tornar-se município pela Lei Estadual N.º 5.857, de 22 de setembro de 1994 (Amorim, 2022).

Com apenas trinta e dois anos de emancipação o município atualmente possui 111.785 habitantes com uma extensão territorial de 103,21 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas — IBGE, 2022), e sua principal atividade econômica concentra-se no setor de serviços (Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas — Fapespa, 2023). O crescimento ao longo dos anos fez com que o uso e cobertura do município também sofressem modificações, para Lambin et al (2001), a mudança na cobertura do solo associa-se com as características biofísicas da superfície da terra e o uso com o propósito ou intenção humana aplicada as essas características. Compreender a dinâmica de expansão do município considerando essas modificações ao longo dos anos rescende na observação da mancha urbana, que segundo a Agência Nacional de Águas (2009) é uma área altamente habitada onde suas construções são próximas umas das outras, não permitindo uma representação visual individual, e sim agrupada, sendo realizada através do contorno do agrupamento, para o IBGE caracteriza-se como área edificada.

Neste contexto, as técnicas de sensoriamento remoto (captura dados emitidos ou refletidos pela superfície terrestre) contribuem efetivamente com a análise e elaboração de um diagnóstico que subsidie o planejamento do uso do solo das áreas urbanas. De acordo com Florenzano (2011, p. 122), a "expansão da mancha urbana de uma cidade, ou seja, o crescimento da área ocupada por essa cidade, bem como a direção do crescimento (norte, sul, leste e oeste), podem ser facilmente detectadas por meio de imagens de satélites", associando esse conceito ao contexto de Marituba, no sentido de que o município possui características bem particulares, como a grande presença de rios e igarapés em seu território, é crucial acompanhar o crescimento de área urbana próximo a essas localidades.

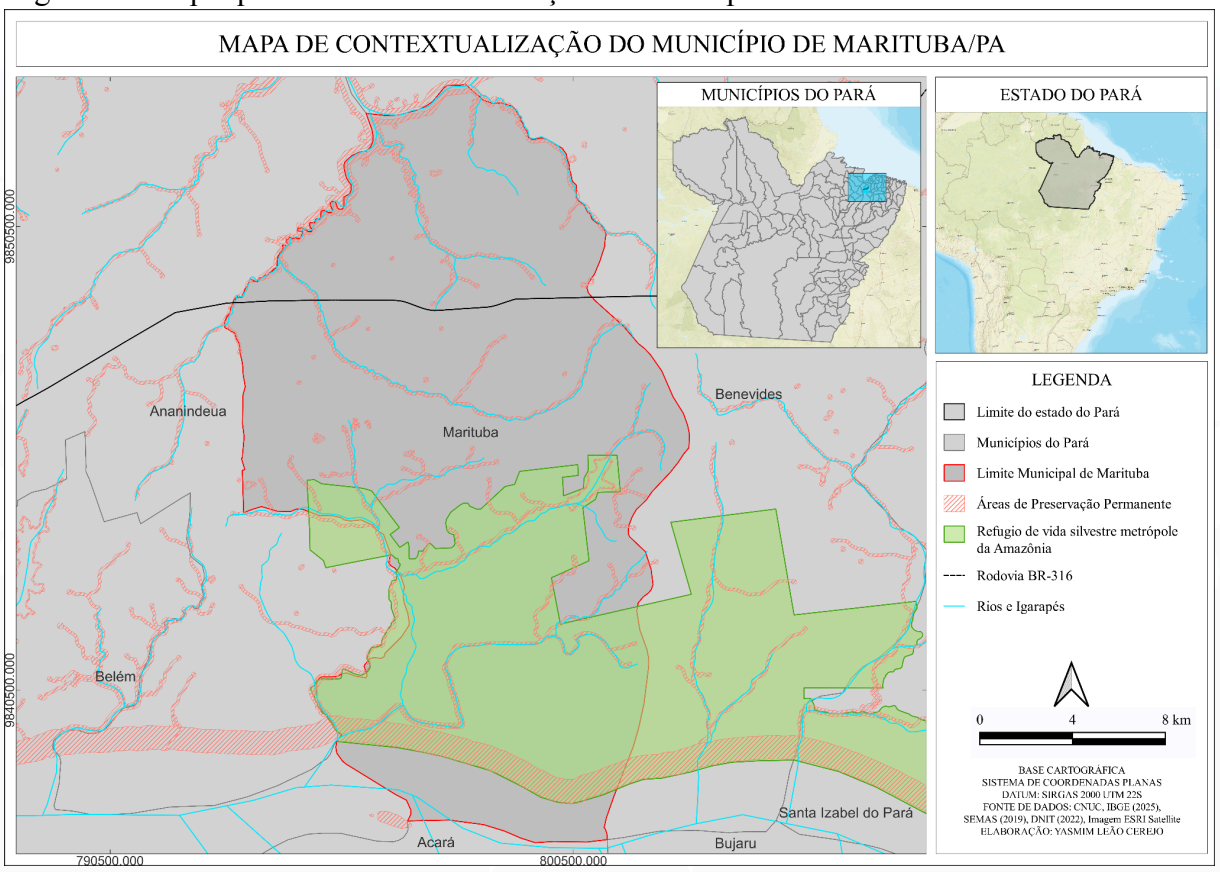
Diante do exposto, o objetivo desta análise é identificar visualmente a mudança de uso e cobertura do solo focando na expansão urbana, quantificar o crescimento entre os anos de 2015 e 2025 e compreender quais os principais fatores responsáveis pelo crescimento da cidade, bem como verificar se houve crescimento considerável nas áreas próximas a áreas de preservação permanente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Marituba (figura 1), localizado na região metropolitana de Belém/PA, é transversalmente dividido ao norte e ao sul pela Rodovia BR-316, antiga estrada de ferro Belém Bragança, localizado na altura do km 13 desta. Sua localização é dada pelas coordenadas do polígono envolvente 1°19′10,27″ S, 48°22′26,27″'' W e 1°28′41,96″ S, 48°16′18,03″ W.

Figura 1 – Mapa que demonstra a localização do município de Marituba no estado do Pará.



Fonte: Autora (2026).

Dentre suas características, destacamos a presença abundante de rios e igarapés no município, assim como a presença de uma unidade de conservação. Conforme a Lei Federal Nº 9.985/2000, a unidade pertence ao Grupo de Proteção Integral, da categoria Refúgio de Vida Silvestre (REVIS). Um REVIS tem como objetivo "proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória". E, "pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários" (Art. 13, SNUC).

Em conformidade com a Lei Nº 12.651/2012 que dispõe sobre proteção da vegetação nativa, Marituba apresenta uma quantidade considerável de Áreas de Proteção Permanente (APP), com base nela, conceitua-se essas áreas como:

> Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

2.2 Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizaram-se dois métodos de pesquisa: quantitativa e bibliográfica. Em termos de abordagem, destaca-se a pesquisa quantitativa, cujos resultados contribuem para a compreensão da realidade. Em relação à pesquisa bibliográfica, esta abrange toda a literatura publicada sobre o tema de estudo, permite ao pesquisador obter uma visão global e acompanhar o andamento das pesquisas sobre uma

temática específica, de maneira que, começa a identificar conceitos, teorias, métodos e aplicações relacionadas, o que nos auxilia na construção de uma base teórica e metodológica sólida para a pesquisa. (Alves, 1992; Denney; Tewksbury, 2013; Echer, 2001; Noronha; Ferreira, 2000).

Nesta análise, foram abordados conceitos de planejamento urbano e ambiental, o contexto histórico do município estudado, os índices espectrais e os conceitos básicos de sensoriamento remoto. A abordagem quantitativa foi empregada para analisar os percentuais de crescimento da área de estudo.

2.3 Origem dos dados

Os dados utilizados nesta análise são dados rasters e vetoriais, adquiridos na base do IBGE, Agência Nacional das Águas (ANA), Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade do Pará (SEMAS) e na plataforma Brazil Data Cube do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Ambos foram manipulados usando o *software QGIS Białowieża 3.22.8* e o ambiente do Google Colaboratory (Google Colab), caracterizado como um serviço do Jupyter Notebook hospedado, através da linguagem Python. Para o processamento dos dados geoespaciais utilizados nesta pesquisa foram utilizadas as bibliotecas Geopandas, Xarray, Rasterio, Rioxarray, NumPy e Matplotlib.

Para analisar a mudança de uso e cobertura do solo ocorrida no município, utilizou-se os dados da coleção 2 (C2) do Landsat, processados em reflectância de superfície (SR), também chamado de Level-2 (L2). As cenas desse produto são distribuídas em arquivos no formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG), adotou-se especificamente os dados do Landsat 8, sensor OLI, com uma janela temporal de dez anos, nos anos de 2015 e 2025. As duas imagens utilizadas foram escolhidas com base no período com menor cobertura de nuvem na região, coincidentes com o início do verão amazônico. A data das imagens escolhidas foram do dia 02/08/2015 e 10/06/2025, contendo respectivamente 5% e 6% de nuvem.

Os dados vetoriais trabalhados foram a malha municipal do estado do Pará no formato shapefile do ano de 2025, trechos de drenagem das bacias hidrográficas no formato geopackage do ano de 2022, e áreas das APPs de Marituba no formato shapefile do ano de 2019, todos disponíveis em seus respectivos sites oficiais.

2.4 Tratamento dos dados

A manipulação dos dados foi realizada, através de um script desenvolvido em linguagem Python no ambiente Google Colab. O recorte da base vetorial para obter-se a área correspondente ao município de Marituba foi realizado com o auxílio da biblioteca Geopandas. Em seguida, os dados que estavam em SIRGAS 2000, EPSG: 4674 foram reprojetados para o sistema SIRGAS 2000 / UTM Zona 22S, EPSG:31982.

Os arquivos rasters também foram importados, e estabeleceu-se a seguinte ordem de procedimentos para otimizar o fluxo de execução do código. Reprojeção das imagens, Layer Stacking, Recorte para o município de interesse, Cálculo do Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Cálculo do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Classificação de Área Urbana, Cálculo da Expansão e Validação com Classificação MapBiomas.

A reprojeção das imagens foi realizada de maneira individual (banda por banda) para o mesmo sistema de referência do shapefile de marituba, em seguida realizou-se o Layer Stacking das bandas dos anos de 2015 e 2025 para integrar as diferentes bandas em um único arquivo raster. A partir daí foram aplicados os índices espectrais, que são aritméticas feitas utilizando as diferentes bandas de um sensor para destacar determinada característica de um

alvo. Neste contexto, foram utilizados os índices de vegetação (NDVI) que realçam características de alvos vegetativos, e os índices de área construída (NDBI, que ressaltam características de alvos de áreas urbanas e superfícies construídas.

Aplicou-se o cálculo do NDBI e do NDVI para cada um dos anos de estudo procedeu-se à classificação por meio de uma máscara de área construída, combinando ambos os índices.

Para o cálculo do NDBI utiliza-se os canais do infravermelho médio (SWIR 1) e do infravermelho próximo (NIR), o índice é desenvolvido para identificar o crescimento de áreas construídas e contribui para a classificação do uso e cobertura da superfície (Bacic, 2018; Muhaimin et al., 2022). Os valores do índice são encontrados a partir da seguinte equação:

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)} \quad (1)$$

Para o cálculo do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), utiliza-se os canais do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED). O índice é desenvolvido para identificar a densidade e a saúde da vegetação e contribui para a classificação do uso e cobertura da superfície. Os valores do índice são encontrados a partir da seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (2)$$

Foram classificados como área urbana os pixels que apresentaram valores de NDBI superiores ao limiar adotado (threshold = 0) e, simultaneamente, NDVI ≤ 0,3, indicando baixa ou ausência de cobertura vegetal significativa. A combinação desses critérios permitiu refinar a identificação das áreas urbanizadas, reduzindo a interferência de superfícies de solo exposto que podem apresentar respostas espectrais semelhantes às de áreas construídas.

O limiar de NDBI igual a zero é um valor comumente empregado na literatura para discriminação de áreas construídas (Zha *et al*, 2003), enquanto o limiar de NDVI de 0,3 foi adotado para identificar pixels com cobertura vegetal significativa (Weier; Herring, 2000), reduzindo a probabilidade da inclusão equivocada de vegetação na classificação urbana.

Com o resultado da aplicação da máscara de áreas urbanas foi possível quantificar essas áreas nos anos de 2015 e 2025, e assim identificar a porcentagem de crescimento da mancha urbana no município ao longo dos anos. E, para parâmetro comparativo para a classificação, usou-se como referência os dados do MapBiomas. Projeto que produz dados de monitoramento anuais de uso e cobertura da terra no Brasil, possui dados desde 1985, estes que apoiam a conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais (MAPBIOMAS, 2026).

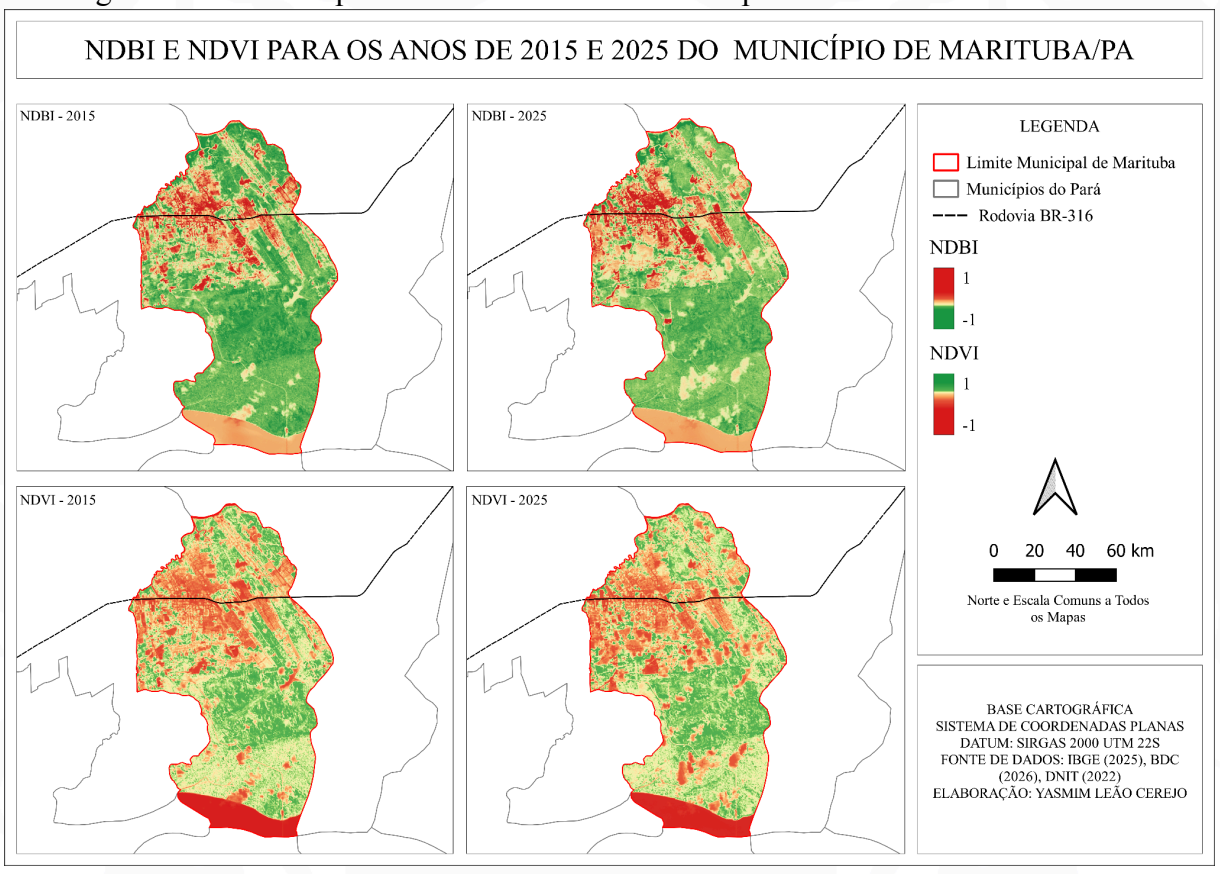
Nesse contexto, gerou-se uma máscara binária para a classe de Área Urbanizada (código 24 da legenda de classificação do projeto) a partir de dados do MapBiomas (Coleção 10.1, anos de 2015 e 2024, adotado em substituição ao ano de 2025 devido à indisponibilidade de dados). As máscaras binárias foram reamostradas para a mesma grade espacial da classificação obtida neste trabalho, utilizando o método do vizinho mais próximo. Em seguida, aplicou-se a álgebra de mapas, comparando-se pixel a pixel os valores das duas máscaras binárias, restringindo-se a análise aos pixels válidos (não nulos) em ambos os produtos. O percentual de concordância foi obtido pela razão entre o número de pixels coincidentes e o número total de pixels válidos comparados, conforme a equação:

$$Concordância\ (\%) = \frac{Pixels\ coincidentes}{Pixels\ válidos\ totais} * 100 \quad (3)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os procedimentos realizados no tópico anterior, um dos primeiros produtos gerados foram os índices espectrais (figura 2). Ao observar a figura identificam-se minuciosas mudanças no território do município. As áreas representadas por cores mais quentes no entorno na BR-316, correspondem, de modo geral, às áreas urbanizadas, enquanto as tonalidades verdes estão associadas às áreas com maior presença de vegetação. Nesta representações os corpos hídricos apresentam valores negativos e, por esse motivo, também estão representados por tonalidades mais quentes, de acordo com a escala específica de cada índice. A porção mais representativa ao sul trata-se do Rio Guamá. Embora a expansão urbana observada por meio dos índices ao longo do período analisado seja pouco expressiva, é possível identificar um preenchimento nas áreas próximas à via que corta o município, correspondente à BR-316.

Figura 2 – Índices espectrais NDBI e NDVI obtidos para os anos de 2015 e 2025.

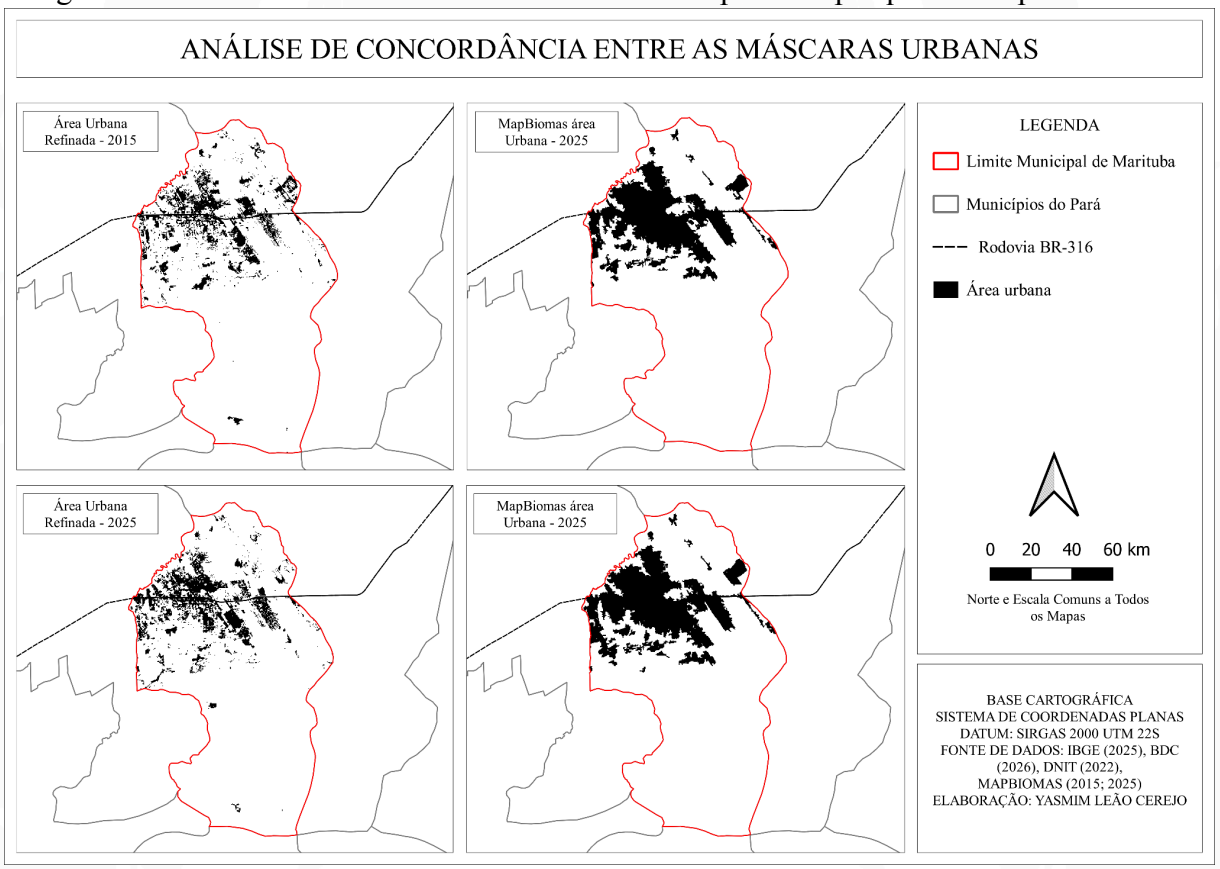


Fonte: Autora (2026).

No NDBI, valores mais próximos de 1 indicam maior resposta espectral de áreas construídas, enquanto valores mais próximos de -1 indicam sua ausência; os valores mínimos e máximos obtidos foram de -0,33 e 0,44 em 2015 e de -0,35 e 0,21 em 2025. No NDVI, a relação se inverte: valores mais próximos de 1 indicam maior densidade e vigor da vegetação, enquanto valores mais próximos de -1 associam-se a corpos hídricos, solo exposto ou superfícies construídas, com mínimos e máximos de -0,15 e 0,72 em 2015 e -0,15 e 0,77 em 2025.

Conforme a Figura 3, a comparação entre a classificação obtida neste estudo e a coleção do MapBiomas resultou em percentuais de concordância de 92,61% para o ano de 2015 e de 92,27% para o ano de 2025 (ressalta-se que o ano MapBiomas utilizado neste caso foi o de 2024). Esses valores indicam elevada correspondência entre os produtos, embora pequenas diferenças espaciais sejam esperadas em função das particularidades metodológicas empregadas em cada classificação.

Figura 3 – Concordância de máscaras urbanas entre a presente pesquisa e MapBiomas.



Fonte: Autora (2026).

O MapBiomas emprega o algoritmo Random Forest, seguido de filtros espaciais de pós-classificação: manchas não urbanas de até 280 pixels (~25 ha) inseridas em zonas urbanizadas são incorporadas à classe urbana, enquanto aglomerados isolados de até 44 pixels (~4 ha) são reclassificados como não urbanos, o que suaviza o resultado final e pode gerar divergências em relação à classificação obtida neste trabalho, sobretudo em regiões de transição (MAPBIOMAS, 2025a). Em termos quantitativos, a exatidão global do produto na Coleção 10 variou entre 84,1% e 97,8% entre os biomas brasileiros, com exatidão global de 90,2% ao nível 2 de classificação (MAPBIOMAS, 2025b). Os percentuais de concordância obtidos neste trabalho (92,61% em 2015 e 92,27% em 2025) situam-se dentro desse patamar de confiabilidade, reforçando a robustez da classificação realizada por meio dos índices NDBI e NDVI.

Deve-se considerar, ainda, a diferença temporal entre os produtos: a classificação deste trabalho baseia-se em uma única cena Landsat 8 por ano, enquanto o MapBiomas constrói seus mapas a partir de mosaicos anuais, que agregam toda a série de imagens disponível para cada pixel ao longo do ano. Essa diferença ajuda a explicar parte das divergências espaciais observadas, já que o produto pontual está sujeito a condições específicas da data de aquisição,

enquanto o produto anual tende a suavizar tais efeitos. Ainda assim, os elevados percentuais de concordância demonstram que a metodologia baseada em índices espectrais aplicada a uma data específica é efetiva para a análise de mudanças em recortes temporais pontuais, configurando-se como alternativa viável para avaliações rápidas da expansão urbana.

A aplicação da máscara evidenciou maior concentração das áreas classificadas no entorno da BR-316 e um discreto avanço da ocupação em direção ao sul, associado predominantemente à expansão residencial. Identificou-se ainda o surgimento de uma pequena mancha em 2025, correspondente à implantação do novo complexo da Polícia Civil. Os resultados da quantificação das áreas urbanas nos dois anos analisados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Área urbana ocupada nos referidos anos de análise.

Ano	Área Urbana (km²)
2015	9.50
2025	10.36
Aumento Percentual	8.98%

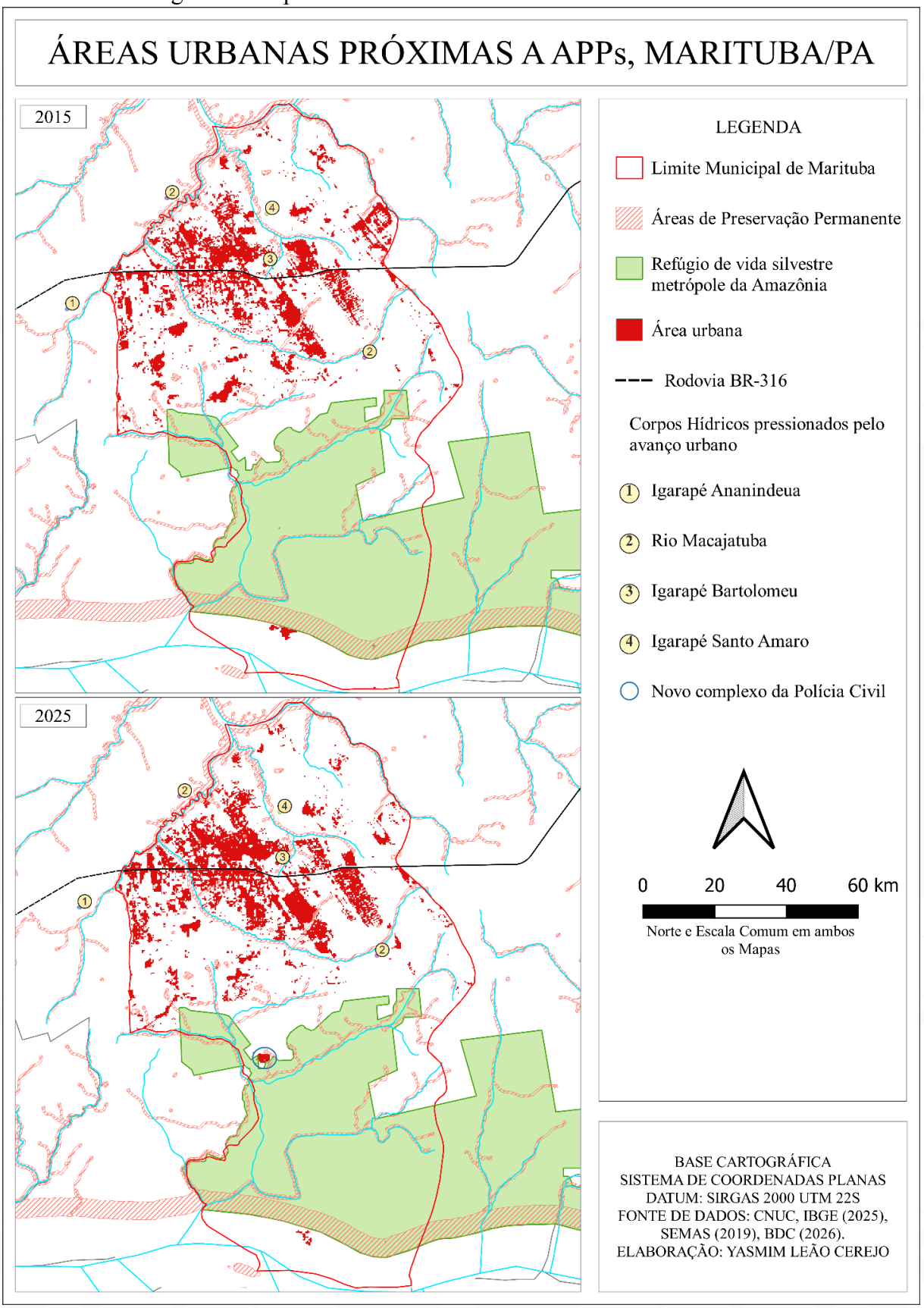
Fonte: Autora (2026)

A figura 4 evidencia o avanço das áreas urbanas em relação às APP e à REVIS presentes no município, para os anos de análise. Constatou-se que a área lindeira à BR-316, de maior densidade ocupacional, situa-se nos limites das APP, sendo o Rio Macajatuba, o Igarapé Ananindeua, o Igarapé Santo Amaro e o Igarapé Bartolomeu os corpos hídricos mais pressionados pelo avanço urbano do município. Em contrapartida, na porção sul, onde está inserida a REVIS Metrópole da Amazônia, não se verificou ocupação urbana no período analisado. Entretanto, na porção centro-oeste, identificaram-se pequenos indícios de ocupação, sinalizando uma tendência de expansão.

Esse processo de ocupação interfere diretamente na hidrologia local, uma vez que a expansão da mancha urbana está associada ao aumento da impermeabilização do solo, o que reduz a infiltração da água da chuva e eleva o volume e a velocidade do escoamento superficial (Tucci, 2008). Nas áreas próximas ao Rio Macajatuba e dos Igarapés Ananindeua, Santo Amaro e Bartolomeu, esse processo pode intensificar problemas de drenagem, como o aumento da frequência de alagamentos. Embora este trabalho não tenha quantificado diretamente esses impactos, a sobreposição espacial observada entre o crescimento urbano e as APP reforça a necessidade de monitoramento contínuo desses corpos hídricos.

Observou-se, ainda, que áreas fragmentadas em 2015 apresentaram-se mais preenchidas em 2025, comportamento condizente com o processo natural de adensamento urbano, no qual vazios intersticiais da malha urbana tendem a ser ocupados ao longo do tempo. Esse padrão é coerente com o crescimento percentual apresentado na Tabela 1, cujos valores, embora modestos, refletem a dinâmica de consolidação da ocupação já existente, mais do que uma expansão expressiva em novas áreas.

Figura 4 – Expansão da malha urbana sobre as APPs e a REVIS.



Fonte: Autora (2026)

4 CONCLUSÃO

Em suma, a utilização dos scripts no ambiente do google colab foi fundamental para otimizar a geração de resultados acerca da análise proposta, com eles foi possível verificar que o município não teve um crescimento consideravelmente alto no intervalo de dez anos, muito provavelmente associado ao pequeno tempo de emancipação.

O crescimento identificado de 8,98% concentrou-se majoritariamente ao redor da BR-316, seguindo a linha histórica do município em relação ao seu desenvolvimento. O percentual obtido como resultado do crescimento da cidade não isenta os órgãos fiscalizadores de acompanhar a expansão da cidade, a fim de minimizar os impactos nas áreas de proteção contidas no território do município, em especial a porção centro-oeste, onde foram identificados indícios de ocupação incipiente.

A partir dos resultados de concordância obtidos entre a classificação produzida neste trabalho (92,61% em 2015 e 92,27% em 2025) e a classificação do MapBiomas, constatou-se boa aderência entre os dois produtos, ainda que empreguem abordagens metodológicas distintas, um baseado em algoritmo de aprendizado de máquina treinado com amostras representativas, o outro na resposta espectral direta de datas específicas por meio dos índices NDBI e NDVI. Esses resultados evidenciam a viabilidade da metodologia empregada para os objetivos propostos neste trabalho, sobretudo em função da escala municipal da análise, mostrando-se adequada para identificar e quantificar, de forma simples e replicável, o padrão de expansão urbana em municípios de porte semelhante ao de Marituba.

Diante do exposto, os resultados evidenciaram que o crescimento urbano do município está associado à sua principal atividade econômica, o setor de serviços, concentrada no entorno da BR-316 (única rodovia de acesso à capital do estado), o que confere ao município uma posição geográfica estratégica e impulsiona a ocupação ao longo desse eixo viário.

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação de índices espectrais complementares, associada à ampliação da série temporal de análise, a fim de aprofundar a compreensão da evolução histórica da ocupação urbana do município, sugere-se o uso dos Catálogos de Ativos Espaçotemporais (STAC) do INPE, que fornecem uma forma padronizada de expor coleções de dados temporais espaciais, a fim, de otimizar o processo de análise. Sugere-se, ainda, a realização de estudos de impacto da impermeabilização do solo sobre os corpos hídricos presentes no território, especialmente aqueles identificados neste trabalho como mais pressionados pelo avanço urbano.

Agradecimentos

A autora agradece aos profissionais da educação superior que se mostraram acessíveis e dispostos a compartilhar seus conhecimentos ao longo da construção deste trabalho, em especial à professora Milena de Araújo Limoeiro e aos professores Karine Reis Ferreira, Gilberto Ribeiro de Queiroz, Thales Sehn Körting e Marcos Adami.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manchas Urbanas.** Brasília: ANA, 2009. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a426906b-077c-43ec-a82c-200d65acc83d. Acesso em: 15 mai. 2026.

ALVES, Alda Judith. **A “revisão da bibliografia” em teses e dissertações: meus tipos**

inesquecíveis. Cadernos de Pesquisa, São Paulo, n. 81, p. 53-60, maio 1992. Disponível em: https://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/cp/arquivos/916.pdfhttps://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/cp/arquivos/916.pdf . Acesso em: 25 mai. 2026.

AMORIM, Joana Gabriela Barbosa. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável - perspectivas interdisciplinares**: Volume 1. Brasil: Editora Dialética, 2022. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Caminhos_para_o_Desenvolvimento_Sustent/R0hxEAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=0 . Acesso em: 17 mai. 2026

BACIC, Bruna Lahos de Jesus. **Análise da mancha urbana a partir de séries temporais de imagens Landsat: estudo de caso nos municípios do trecho oeste do rodoanel Mário Covas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/D.3.2018.tde-12032018-100454. Acesso em: 2026-05-20.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 22 mai. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 22 mai. 2026.

BREIMAN, L. **Random forests.** Machine Learning, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.

DENNEY, Andrew; TEWKSBURY, Richard. **How to write a literature review**. Journal of Criminal Justice Education, v. 24, n. 2, p. 218-234, 2013. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10511253.2012.730617. Acesso em : 21 mai. 2026.

ECHER, Isabel Cristina. **A revisão de literatura na construção do trabalho científico**. Revista Gaúcha de Enfermagem, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 5-20, jul. 2001. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/rgenf/article/view/4365. Acesso em: 21 mai. 2026.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. **Estatística Municipal Marituba**. Belém: Fapespa, 2023. Disponível em: https://www.fapespa.pa.gov.br. Acesso em: 18 mai. 2026.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 3. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022: Panorama de Marituba.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?localidade=1504422. Acesso em: 18 mai. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Brazil Data Cube Explorer.** São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: https://data.inpe.br/bdc/explorer/explore. Acesso em: 6 abr. 2026.

LAMBIN, Eric F. et al. **The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths.** Global Environmental Change, v. 11, n. 4, p. 261-269, 2001.

MAPBIOMAS. **Urban Areas - Appendix ATBD Collection 10. versão 1**. São Paulo: MapBiomas, 2025a. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/08/Urban-Areas-Appendix-ATBD-Collection-10-v1.pdf . Acesso em: 16 mai. 2026.

MAPBIOMAS. **Accuracy Assessment - Appendix ATBD Collection 10. versão 1**. São Paulo: MapBiomas, 2025b. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/08/Accuracy-assessment-Appendix-ATBD-Collection-10-v1-1.pdf . Acesso em: 12 set. 2026.

MAPBIOMAS. **Conheça o MapBiomas**. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/conheca-o-mapbiomas/#sobre . Acesso em: 11 set. 2026.

MUHAIMIN, M. et al. **Mapping build-up area density using normalized difference built-up index (NDBI) and urban index (UI) wetland in the city Banjarmasin.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 1089, n. 012036, 2022. DOI: 10.1088/1755-1315/1089/1/012036.

NORONHA, Daisy Pires; FERREIRA, Sueli Mara Soares Pinto. Revisões de literatura. *In*: CAMPELLO, Bernadete Santos; CENDÓN, Beatriz Valadares; KREMER, Jeannette Marguerite (org.). **Fontes de informações para pesquisadores e profissionais.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrtvkxybFsjYQtx7v/ . Acesso em: 12 set. 2026.

WEIER, J.; HERRING, D. **Measuring Vegetation (NDVI & EVI)**. Washington, DC: NASA Earth Observatory, 2000. Disponível em: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation . Acesso em: 12 set. 2026.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing,** v. 24, n. 3, p. 583-594, 2003.