

ÍNDICES ESPACIAIS DA ARBORIZAÇÃO NA CIDADE DE MARITUBA, REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

SPATIAL INDEXES OF URBAN TREE COVER IN THE CITY OF MARITUBA, METROPOLITAN REGION OF BELÉM

Aline Cristina Mendes Façanha¹, Caio Cezar Ferreira de Souza²,
Marcos Antônio Souza dos Santos³, Sheryle Santos Hamid⁴

RESUMO

A arborização urbana desempenha papel essencial na melhoria da qualidade ambiental e do bem-estar nas cidades, oferecendo serviços ecossistêmicos como regulação do microclima, sequestro de carbono e promoção da saúde pública. Em Marituba, município da Região Metropolitana de Belém, a arborização é estratégica para mitigar os impactos da urbanização acelerada e promover sustentabilidade. Este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espacial da arborização por habitante, considerando variações por bairro e transformações na cobertura vegetal entre 1994 e 2023, com o intuito de gerar dados que subsidiem a gestão da arborização urbana. Notou-se na análise espacial desigualdades na distribuição da vegetação, com maior densidade em áreas rurais e menor cobertura em regiões comerciais e centrais. Entre 1994 e 2023, observou-se redução da vegetação em áreas anteriormente agrícolas, refletindo o avanço da urbanização. Os resultados reforçam a importância de políticas públicas voltadas à conservação e expansão da cobertura vegetal urbana, especialmente em bairros com baixos índices de arborização. Conclui-se que a arborização urbana em Marituba apresenta bons indicadores ambientais, mas ainda requer ações direcionadas para reduzir desigualdades espaciais e fortalecer a sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Sensoriamento Remoto; Planejamento Urbano.

ABSTRACT

Urban tree cover plays a vital role in improving environmental quality and well-being in cities, providing ecosystem services such as microclimate regulation, carbon sequestration, and public health promotion. In Marituba, a municipality in the Metropolitan Region of Belém, tree cover is a strategic element for mitigating the impacts of rapid urbanization and promoting sustainability. This study aimed to analyze the spatial distribution of tree cover per inhabitant, considering variations by neighborhood and changes in vegetation cover between 1994 and 2023, to generate data to support urban tree management. Spatial analysis revealed inequalities in vegetation distribution, with higher density in rural areas and lower coverage in commercial and central regions. Between 1994 and 2023, a reduction in vegetation was observed in areas previously used for agriculture, reflecting the advance of urbanization. The results reinforce the importance of public policies focused on the conservation and expansion of urban vegetation cover, especially in neighborhoods with low tree density. It is concluded that urban tree cover in Marituba presents positive environmental indicators but still requires targeted actions to reduce spatial inequalities and strengthen urban sustainability.

Keywords: Sustainability; Remote Sensing; Urban Planning.

Recebido em 31.05.2025 e aceito em 03.09.2025

1 Engenheira agrônoma. Mestranda. Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO. Email: alinefacanha@discente.ufg.br

2 Engenheiro ambiental. Doutor. Analista Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do estado do Pará. Belém/PA. Email: caiocfdesouza@gmail.com

3 Engenheiro agrônomo. Doutor. Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém/PA. Email: marcos.santos@ufra.edu.br

4 Engenheira agrônoma. Doutoranda. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém/PA. Email: sherylehamid@gmail.com

INTRODUÇÃO

A arborização urbana contribui para a qualidade ambiental e a funcionalidade ecológica das cidades por meio da oferta de múltiplos serviços ecossistêmicos. Dentre os serviços de regulação, destacam-se a melhoria da qualidade do ar, o sequestro de carbono e a modulação do microclima urbano, incluindo a atenuação do efeito de ilhas de calor em áreas densamente edificadas e socioeconomicamente vulneráveis (BRILLI et al., 2022; PATAKI, 2021). Tais efeitos resultam em reduções significativas na temperatura da superfície urbana e contribuem para a mitigação dos impactos climáticos.

No campo da saúde pública, a arborização urbana está associada à diminuição da exposição a poluentes atmosféricos, como o material particulado fino (PM_{2.5}), à redução na incidência de nascimentos prematuros e de baixo peso ao nascer, bem como à melhoria geral das condições respiratórias, especialmente em populações infantis (JONES; GOODKIND, 2019).

Em termos de bem-estar subjetivo, evidências empíricas indicam que programas de plantio urbano, como o *MillionTreesNYC*, elevam a percepção de qualidade de vida da população residente, com efeitos estatisticamente comparáveis a acréscimos substanciais na renda domiciliar per capita (WESTPHAL, 2003). Outros destacam os impactos dos programas na valorização imobiliária, saúde mental e coesão social (JONES; GOODKIND, 2019). O estudo de Li (2023) observou que a expansão da arborização em Nova York elevou os valores dos imóveis e atraiu grupos com maior escolaridade e renda. No entanto, como destacam Lin e Wang (2021), os benefícios podem não ser distribuídos de forma equitativa pois embora ocorra avanços na diversidade e na quantidade de árvores, persistem desigualdades em termos de saúde arbórea e estrutura, especialmente em áreas com maior concentração de populações vulneráveis.

Do ponto de vista ecológico, a arborização contribui para a conectividade entre fragmentos de vegetação em paisagens urbanas, facilitando a migração de espécies e promovendo a conservação da biodiversidade (SILTANEN; PUHAKKA, 2025). Embora a contribuição das árvores urbanas para a neutralidade de carbono seja relativamente limitada, seu potencial para o sequestro de CO₂ e a compensação parcial das emissões urbanas é quantificável e relevante em estratégias de adaptação e mitigação climática (BRILLI et al., 2022).

A quantificação da arborização urbana é realizada por meio de indicadores que relacionam a cobertura arbórea à densidade populacional ou à área urbanizada, gerando subsídios técnicos para o planejamento territorial e ambiental urbano (TEIXEIRA; GONÇALVES, 2020). A aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) viabiliza o mapeamento, a análise e o monitoramento da distribuição espacial e do estado fitossanitário das árvores em áreas urbanas (LIMA NETO et al., 2012). Nesse sentido, a integração entre

geotecnologias e bases de dados ambientais possibilita a construção de modelos espaciais voltados ao planejamento urbano sustentável, como o desenvolvido por Meerow (2019), que utiliza avaliação multicritério para identificar áreas prioritárias de infraestrutura verde com base em múltiplos benefícios ecossistêmicos, como manejo de águas pluviais, qualidade do ar e redução da vulnerabilidade social. Tais abordagens contribuem para a formulação de políticas públicas que articulem a expansão da cobertura vegetal com a gestão racional dos recursos naturais e a melhoria da qualidade ambiental nas cidades (PINHEIRO et al., 2022).

Em contextos urbanos periféricos da Amazônia, como o município de Marituba, localizado no estado do Pará, Região Norte do Brasil, a arborização urbana é uma ferramenta estratégica importante diante da intensificação do processo de urbanização. Situado na Região Metropolitana de Belém (RMB), o município de Marituba apresenta uma dinâmica de expansão acelerada, acompanhada de fragilidades na infraestrutura urbana e na gestão do território, o que acentua os conflitos entre crescimento urbano e conservação ambiental (QUEIROZ, 2019). Nesse cenário, a vegetação urbana pode atuar como um elemento regulador, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais, a melhoria das condições microclimáticas e a promoção do bem-estar da população local.

A ausência de planejamento integrado e a fragmentação dos remanescentes florestais tornam necessária a adoção de instrumentos de análise espacial capazes de subsidiar políticas públicas voltadas à sustentabilidade urbana. O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espacial da arborização por habitante em Marituba, considerando variações por bairro e mudanças nas áreas verdes entre 1994 e 2023, com o intuito de gerar subsídios técnicos para a gestão e o planejamento da arborização urbana.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Marituba está localizado na RMB, no estado do Pará (PA), com posição geográfica determinada pelas coordenadas 1° 21' 19" S e 48° 20' 31" O (Figura 1). Possui uma extensão territorial de 103,343 km², sendo o menor entre os 144 municípios do estado do Pará, e está situado a 13 km da capital. Segundo o Censo Demográfico (IBGE, 2022), sua população é de aproximadamente 112 mil habitantes, com densidade demográfica de cerca de 1.083 habitantes por km², o que o coloca como o terceiro município mais densamente povoado do estado.

De acordo com a Prefeitura de Marituba, a origem da cidade está associada à implantação de uma vila operária em 1907, construída para abrigar os trabalhadores da Estrada de Ferro de Bragança (EFB). Ao longo do tempo, o território de Marituba integrou os municípios de Ananindeua e Benevides, até alcançar sua emancipação político-administrativa em 1994. A criação oficial do município foi estabelecida pela Lei nº 5.857, de setembro de 1994, posteriormente modificada pela Lei nº 6.255, de 15 de novembro de 1999, que lhe conferiu nova redação e estrutura legal.

A economia local é impulsionada predominantemente pelo setor comercial, com destaque para a informalidade e os pequenos empreendimentos. Marituba é frequentemente caracterizada como uma cidade "dormitório", em razão da expressiva parcela de sua população que se desloca diariamente para estudar ou trabalhar em municípios vizinhos da RMB (JUNIOR et al., 2021).

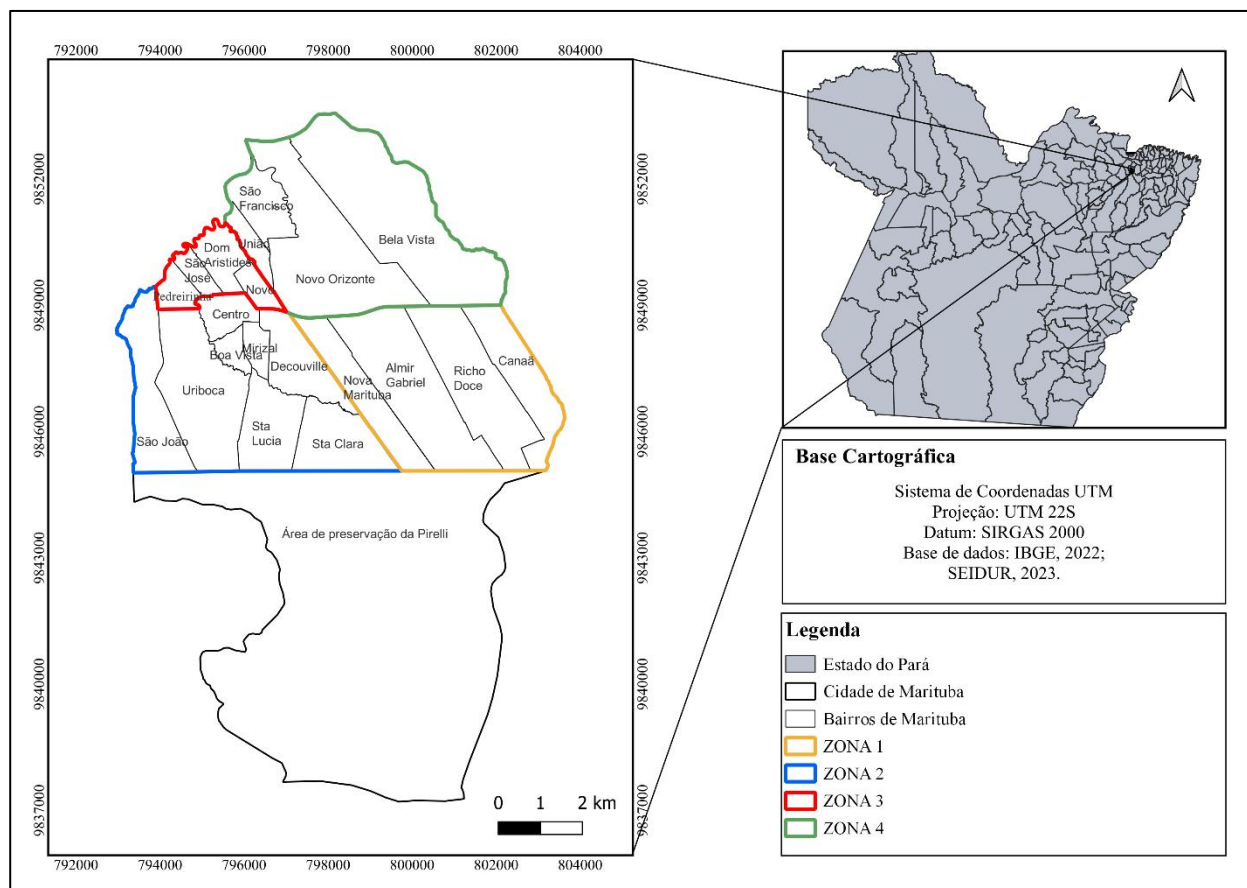


Figura 1. Mapa de localização do município de Marituba, estado do Pará, Brasil.

Figure 1. Location map of the municipality of Marituba, state of Pará, Brazil.

Administrativamente, o município está dividido em quatro regiões, conforme estabelecido pela Lei Municipal nº 456/2019 (MARITUBA, 2019). A Região 1 abrange os bairros Almir Gabriel, Nova Marituba, Riacho Doce e Canaã; a Região 2 compreende Decouville, Santa Lúcia, Santa Clara, Centro, Mirizal, Boa Vista, São João e Uriboça; a Região 3 inclui Pedreirinha, São José, Dom Aristides e Bairro Novo; enquanto a Região 4 engloba União, São Francisco, Novo Horizonte e Bela Vista.

Conforme a Figura 2, a obtenção dos dados desta pesquisa foi estruturada em duas etapas complementares. Na primeira, realizou-se o *download* dos dados referentes ao limite territorial do município, seguido da vetorização manual dos indivíduos arbóreos identificados em imagem. Com base nessa vetorização, elaborou-se um mapa de calor a partir da geração dos centroides das feições arbóreas.

Na segunda etapa, procedeu-se à aquisição de imagens de satélite por meio da plataforma *Earth Explorer*, mantida pelo *U.S. Geological Survey (USGS)*. Essas etapas

fundamentaram a coleta e o processamento dos dados espaciais necessários à análise da arborização urbana em Marituba, PA.

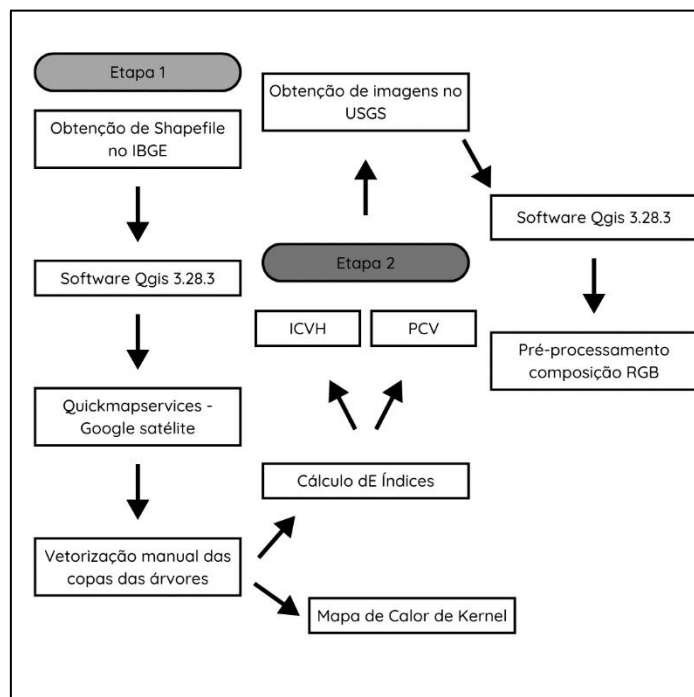


Figura 2. Etapas da obtenção de dados.

Figure 2. Stages of data acquisition.

O processamento e a análise dos dados foram realizados no *software* livre *QGIS*, versão 3.28.3 (*Firenze*). As imagens utilizadas foram reprojetaadas para o sistema de referência geodésico SIRGAS 2000, com projeção cartográfica *UTM* Zona 22S. Para a vetorização dos indivíduos arbóreos, utilizou-se a base de imagens do Google Satélite, acessada por meio do *plugin QuickMapServices 2023* no ambiente *QGIS*. A partir dessa base, aproximadamente 17.000 árvores localizadas no perímetro urbano de Marituba foram mapeadas por meio da delimitação manual de polígonos que representaram as circunferências das copas arbóreas, ou o conjunto destas, conforme a visibilidade da imagem.

Esses polígonos configuraram unidades espaciais significativas, permitindo a extração de métricas ambientais. Conforme Lima Neto et al. (2012), cada polígono possibilita a localização espacial e a mensuração da área de copa correspondente. A partir dessas informações, foram estimados dois indicadores ambientais: o Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH) e o Percentual de Cobertura Vegetal (PCV).

Para o ICVH (Equação 1), utilizou-se a proporção da área coberta por vegetação (copas arbóreas) dividida pela quantidade total de habitantes da área urbana, conforme Harder et al. (2006).

$$ICVH = \frac{\sum \text{Área das copas [m}^2\text{]}}{N^{\circ} \text{ total de habitantes da cidade}} \quad (\text{Equação 1})$$

Para o PCV (Equação 2), somou-se a área total das copas arbóreas em relação à área territorial urbana do município, multiplicada por 100, conforme detalhado por Harder et al. (2006).

$$PVC = \frac{\sum \text{Área das copas [m}^2\text{]} \times 100}{\text{Área total da cidade [m}^2\text{]}} \quad (\text{Equação 2})$$

A partir da vetorização das árvores, foi gerada uma nuvem de pontos contendo informações espaciais referentes a cada indivíduo arbóreo identificado através dos centroides dos polígonos. Para a análise da distribuição espacial da arborização urbana, aplicou-se o Modelo Temático de Densidade de Kernel, uma técnica de interpolação que permite estimar a densidade de eventos representados por dados vetoriais pontuais (FREIRE et al., 2012). Essa metodologia consiste na definição de uma vizinhança circular ao redor de cada ponto, delimitada por um raio de influência (FEIO et al., 2022). Neste estudo, adotou-se um raio de 1000 metros para a geração do mapa de densidade.

A concentração de pontos em determinadas áreas resulta em superfícies de densidade mais elevadas, expressas graficamente por meio de um “mapa de calor”. Nesse tipo de representação, a intensidade cromática varia de acordo com o número de ocorrências em cada local, permitindo a visualização de padrões espaciais de maior ou menor concentração de cobertura arbórea (JAT; GARG; KHARE; 2008).

A avaliação da qualidade ambiental urbana em Marituba foi conduzida por meio da integração entre o referencial teórico e a aplicação do ICVH, com o objetivo de analisar o estado ambiental do município à luz de parâmetros internacionalmente reconhecidos. Para tal, foram considerados os critérios estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), os quais indicam que uma cobertura vegetal igual ou superior a 30% configura elevada qualidade ambiental, enquanto valores inferiores a 5% são indicativos de condições ambientais críticas em áreas urbanas (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de qualidade ambiental no parâmetro da cobertura vegetal.

Table 1. Environmental quality classes based on vegetation cover.

Condição	Percentual de Cobertura Vegetal (PCV)
Boa	Residentes em áreas com cobertura vegetal suficiente para garantir uma qualidade de vida alta (PCV \geq 30%).
Regular	Residentes em áreas com cobertura vegetal suficiente para garantir uma qualidade de vida razoável (5% \leq PCV <30%).
Ruim	Residentes em área com cobertura vegetal insuficiente para garantir uma qualidade de vida baixa (PCV <5%).

Nota: Elaborado e organizado pelos autores, adaptado de dados da ONU (1997).

Por fim, realizou-se uma análise temporal da cobertura vegetal urbana com base em imagens de satélite obtidas por meio da plataforma *USGS Earth Explorer*, abrangendo os anos de 1994 e 2023, correspondentes, respectivamente, ao ano de emancipação do município e ao período mais recente disponível. Para o ano de 1994, foram utilizadas imagens adquiridas em 22 de agosto, provenientes do satélite *Landsat 4-5 TM C2 L1*, com uso das bandas espectrais

1, 4 e 5. Para o ano de 2023, adotaram-se imagens do satélite *Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1*, também datadas de 22 de agosto, com as bandas 2, 5 e 6. O processamento e a composição colorida das imagens, bem como as etapas de tratamento e análise, foram conduzidos integralmente no ambiente do *software QGIS*.

Neste estudo, optamos por abranger todos os indivíduos arbóreos da cidade de Marituba, incluindo aqueles presentes em áreas não construídas, como áreas de preservação permanente, parques ambientais e matas ciliares. Essa metodologia busca considerar integralmente a arborização urbana, reconhecendo a importância dessas áreas na manutenção do equilíbrio ambiental. Dessa forma, foi possível examinar de maneira sistemática e detalhada as mudanças na arborização ao longo do período estudado, proporcionando uma visão abrangente das transformações na cobertura vegetal do município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise espacial e temporal da arborização urbana de Marituba/PA são apresentados a seguir. A Figura 3 mostra a distribuição espacial da arborização no município, destacando áreas com maior concentração de indivíduos arbóreos e identificando zonas que demandam intervenções — seja para o manejo de áreas com alta densidade, seja para a implantação de arborização viária — visando ao equilíbrio ambiental e à melhoria da qualidade urbana.

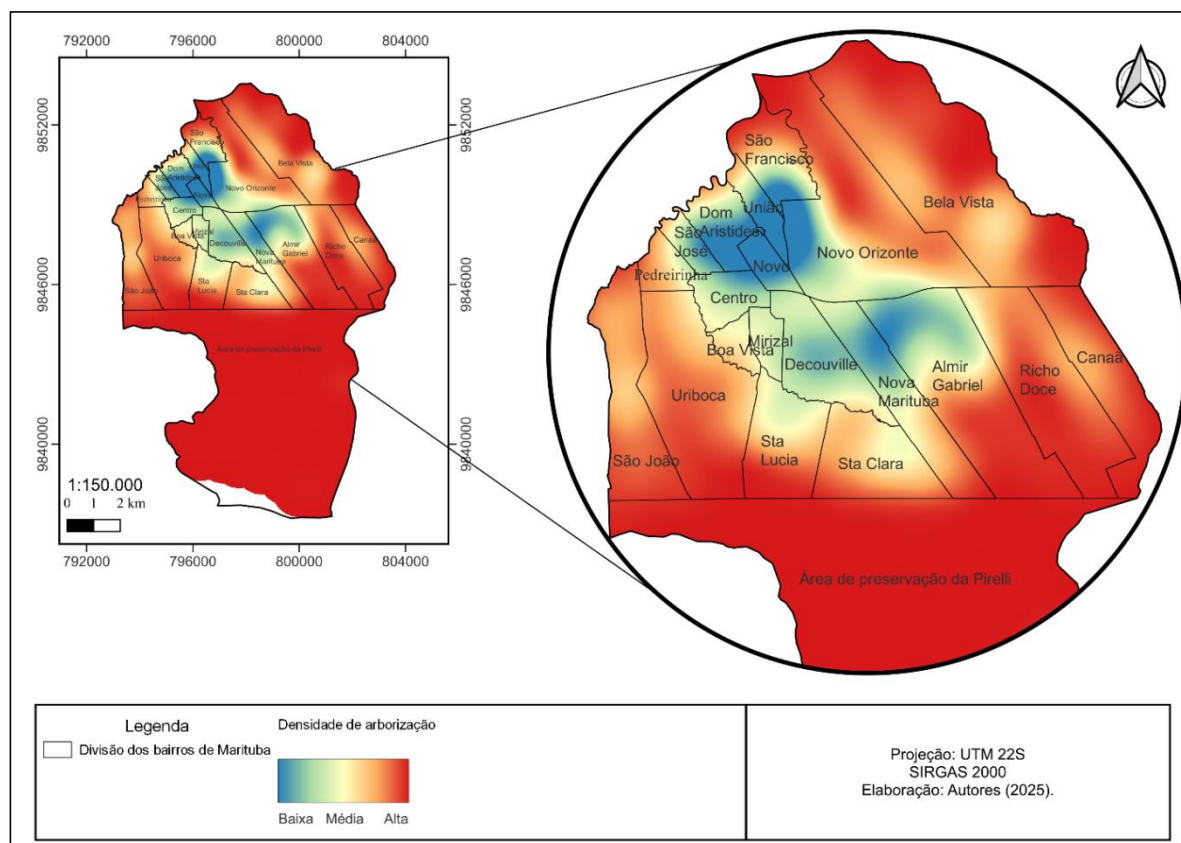


Figura 3. Mapa de kernel, densidade arbórea em Marituba.

Figure 3. Kernel map, tree density in Marituba.

Os bairros Canaã, Riacho Doce, Bela Vista, Uriboca e São João apresentam as maiores densidades arbóreas, representadas por manchas vermelhas no mapa (Figura 3). Essas regiões, de perfil mais rural, concentram vegetação nativa remanescente. Muller (1966) afirma que áreas rurais são dinâmicas e estão sujeitas a transformações conforme as demandas sociais e as resistências às inovações.

A Figura 3 apresenta disparidades na cobertura vegetal entre os bairros. A Região 3, caracterizada por intensa atividade comercial, apresenta os menores índices de vegetação, reflexo da remoção de árvores para implantação de infraestrutura, preservação de fachadas e maior fluxo de veículos (FELLIPPE et al., 2022). O manejo estratégico aliado à arborização viária nessas áreas pode mitigar ilhas de calor e melhorar a conectividade ecológica.

De acordo com Biz et al. (2016), a distribuição desigual da arborização é consequência de um planejamento urbano inadequado e da ausência de manejo efetivo. Além disso, Fadhlurrahman e Nasrullah (2020) destacam que a arborização urbana é fundamental para reduzir o estresse térmico, proporcionando conforto térmico à população.

A Tabela 2 apresenta o PCV por bairro. Marituba possui uma média de 54,15% de cobertura, superando o parâmetro de 30% definido pela ONU como referência para ambientes urbanos sustentáveis. Os bairros com maiores PCV são Riacho Doce (83,06%), Santa Clara (64,05%), Canaã (59,69%), Bela Vista (59,65%), Novo Horizonte (58,89%) e Almir Gabriel (58,3%), indicando áreas prioritárias para conservação. Por outro lado, Bairro Novo (14,88%), Centro (18,45%) e Nova Marituba (28,45%) apresentam os menores índices, refletindo situações críticas que demandam políticas públicas de recomposição vegetal e compensação ambiental.

As copas arbóreas exercem papel essencial na qualidade ambiental urbana, atuando na absorção de poluentes, metais pesados e particulados, além de liberar oxigênio e umidade (LÃ FERRARI et al., 2020). Scanavaca (2021) ressalta que o aumento do volume de copa está diretamente relacionado à eficiência desses serviços, impactando positivamente o conforto ambiental e a saúde urbana.

Esses baixos índices ocorrem, em grande parte, em áreas urbanas consolidadas, cuja ocupação é mais antiga e densamente edificada, o que limita a presença de áreas verdes (BORGES et al., 2019). Tal padrão contradiz tendências observadas em outras realidades urbanas, nas quais os bairros centrais e mais antigos apresentam maior densidade arbórea em função de políticas públicas históricas de arborização e de uma infraestrutura urbana mais consolidada (FEIO et al., 2022). Essa inversão evidencia desigualdades na distribuição da vegetação urbana em Marituba e reforça a necessidade de estratégias específicas de recomposição vegetal em bairros com baixa cobertura arbórea.

O ICVH, apresentado na Tabela 3, é de 66,45 m²/hab., calculado a partir da razão entre a área total de copas arbóreas (7.427.916 m²) e a população urbana (111.785 habitantes). Esse valor supera amplamente o mínimo recomendado de 15 m²/hab. pela Sociedade Brasileira de

Arborização Urbana (SBAU, 1996) e por organismos internacionais, indicando um elevado nível de disponibilidade de vegetação por indivíduo.

Tabela 2. Percentual de Cobertura vegetal (PCV) por bairro, em Marituba, Pará, Brasil.
 Table 2. Percentage of vegetation cover (PVC) by neighborhood in Marituba, Pará State, Brazil.

Bairro	Área total do bairro (m ²)	Área total das copas do bairro (m ²)	PCV (%)
Uriboca	5.696.951,00	3.055.186,00	53,63
Riacho Doce	5.297.331,00	4.399.984,00	83,06
Santa Clara	2.981.683,00	1.909.917,00	64,05
Canaã	3.280.804,00	1.958.266,00	59,69
Bela Vista	10.044.511,00	5.991.609,00	59,65
Novo Horizonte	7.908.732,00	4.657.296,00	58,89
Almir Gabriel	6.498.819,00	3.788.610,00	58,3
São Francisco	1.883.145,00	1.093.177,00	58,05
São João	3.776.277,00	1.962.261,00	51,96
Santa Lucia	2.772.682,00	1.432.357,00	51,66
Pedreirinha	800.773,00	319.042,00	39,84
Dom Aristides	1.376.314,00	482.175,00	35,03
São José	623.385,00	197.059,00	31,61
União	788.138,00	242.991,00	30,83
Mirizal	656.549,00	193.541,00	29,48
Decouville	2.604.892,00	750.211,00	28,8
Boa Vista	590.517,00	169.946,00	28,78
Nova Marituba	2.937.387,00	835.584,00	28,45
Centro	1.133.466,00	209.081,00	18,45
Bairro Novo	669.476,00	99.626,00	14,88
Total	62.321.832,00	33.747.919,00	54,15

Nota: Área de copa das árvores calculada pelos autores por meio de processamento de imagens de sensoriamento remoto no software QGIS, referentes ao ano de 2023.

A elevada quantificação do ICVH em Marituba pode ser atribuída, em grande parte, à presença da Área de Preservação Ambiental da Fazenda Pirelli, atualmente reconhecida como Refúgio de Vida Silvestre Metropolitano (REVISMA). Segundo Barbosa (2019), essa unidade de conservação representa o maior fragmento remanescente de Floresta Amazônica na RMB, abrigando significativa diversidade biológica e apresentando relevância histórica desde o período colonial, incluindo atividades ligadas à extração do látex.

Apesar de sua importância ecológica e funcional, a REVISMA ainda carece de reconhecimento efetivo por parte da população do entorno e das gestões municipais vizinhas, o que compromete seu potencial de integração plena às políticas urbanas e ambientais. Ainda assim, os dados obtidos para o município demonstram que a existência desse fragmento contribui substancialmente para os indicadores de cobertura vegetal, superando os parâmetros mínimos recomendados para ambientes urbanos e reforçando sua contribuição direta à manutenção de áreas verdes e à melhoria das condições ambientais em Marituba.

Esses espaços verdes desempenham um papel fundamental na conexão humana com a natureza, proporcionando benefícios tanto ambientais quanto sociais. Conforme apontado por Magle et al. (2019), a presença de áreas naturais em ambientes urbanos favorece a pesquisa e

a conservação da vida selvagem, criando oportunidades para que os moradores interajam e compreendam melhor a biodiversidade local. Além disso, segundo Apfelbeck et al. (2020), cidades planejadas para incluir a vida selvagem promovem uma coexistência equilibrada entre seres humanos e animais, o que fortalece o engajamento público com os esforços de preservação.

A conservação e a expansão desses espaços urbanos verdes são essenciais para o bem-estar da população. Lerman e Sonti (2015) destacam que iniciativas como o REVISMA contribuem para a manutenção da fauna e flora urbanas, oferecendo um refúgio ecológico em meio à urbanização acelerada. Além disso, a presença dessas áreas impacta positivamente a saúde mental e física dos cidadãos, incentivando atividades ao ar livre e reduzindo os efeitos do estresse urbano.

Tabela 3. Índice de Cobertura Vegetal por Habitante do município de Marituba/PA.
Table 3. Vegetation Cover Index per Inhabitant of the municipality of Marituba/PA.

Arborização e População da cidade de Marituba		
Copa das árvores (m ²)	População total (hab.)	Índice de cobertura vegetal por habitante (m ²)
7.427.916,00	111.785,00	66,45

Nota: Área de copa das árvores calculada pelos autores a partir de análise de imagens de sensoriamento remoto, referente ao ano de 2023.

A análise temporal da arborização em Marituba, apresentada na Figura 4, evidencia transformações significativas na cobertura vegetal e no uso do solo entre os anos de 1994 e 2023. Em 1994, observou-se a predominância de áreas com vegetação ativa associadas a práticas agropecuárias, sobretudo na região da antiga Fazenda Uriboca, que era utilizada para o cultivo de pimenta-do-reino e seringueira. A resposta espectral elevada na banda do infravermelho próximo (banda 4) do sensor Landsat 4-5 indicava elevada atividade fotossintética, típica de áreas agrícolas em estágio produtivo (BARBOSA, 2019).

Ao longo do tempo, as imagens de satélite revelam mudanças significativas na densidade arbórea e no uso do solo no município de Marituba. Em 1994, a área da antiga fazenda apresentava vegetação mais rala, resultado das atividades agrícolas então em vigor. Com a redução gradativa dessas atividades e a posterior falência da empresa responsável, iniciou-se um processo de restauração ambiental e sucessão vegetal (BARBOSA, 2019). Em 2023, a área foi designada como zona de preservação, passando a desempenhar papel importante na manutenção da vegetação urbana e na promoção da sustentabilidade local.

Outro aspecto relevante é o avanço do processo de urbanização. Em 1994, a região central da cidade exibia tonalidades de rosa mais claro nas imagens, associadas à presença de vegetação. Em 2023, observa-se predominância de tons mais escuros, indicando expansão urbana, especialmente no núcleo central. Parte dessa urbanização coincide com a implantação de conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida – Faixa 1. Segundo Silva e Tourinho (2015), a expansão desses empreendimentos na Região Metropolitana de Belém está

relacionada à disponibilidade de terrenos com menor custo, localizados nas periferias de municípios como Ananindeua e Marituba, devido à escassez e ao alto valor das áreas próximas ao centro urbano.

Essas alterações no uso e cobertura do solo impactam diretamente a vegetação urbana e os serviços ecossistêmicos, como fornecimento de matéria-prima, regulação climática, suporte à biodiversidade e serviços culturais. A degradação desses serviços está ligada às propriedades do solo e ao desequilíbrio hidrológico local (HASAN et al., 2020), comprometendo a qualidade ambiental e o bem-estar da população urbana.

No estudo de Li et al. (2022), a conversão do uso da terra afetou significativamente os serviços ecossistêmicos, com a expansão de terras agrícolas, a urbanização e a desertificação impactando negativamente esses serviços. A rápida urbanização leva à conversão drástica do uso da terra, afetando serviços ecossistêmicos como a produção de alimentos e os serviços de regulação (YANG et al., 2024).

Contudo, a análise multitemporal reforça a importância de políticas públicas voltadas à proteção de áreas verdes remanescentes e à recuperação de zonas degradadas. A integração de dados espectrais com indicadores socioambientais permite identificar regiões prioritárias para ações de reflorestamento urbano e planejamento sustentável. Em Marituba, a preservação de fragmentos vegetais, como a REVISMA, aliada à implementação de corredores ecológicos, pode mitigar os efeitos da urbanização acelerada, promovendo maior resiliência climática e melhoria da qualidade de vida da população.

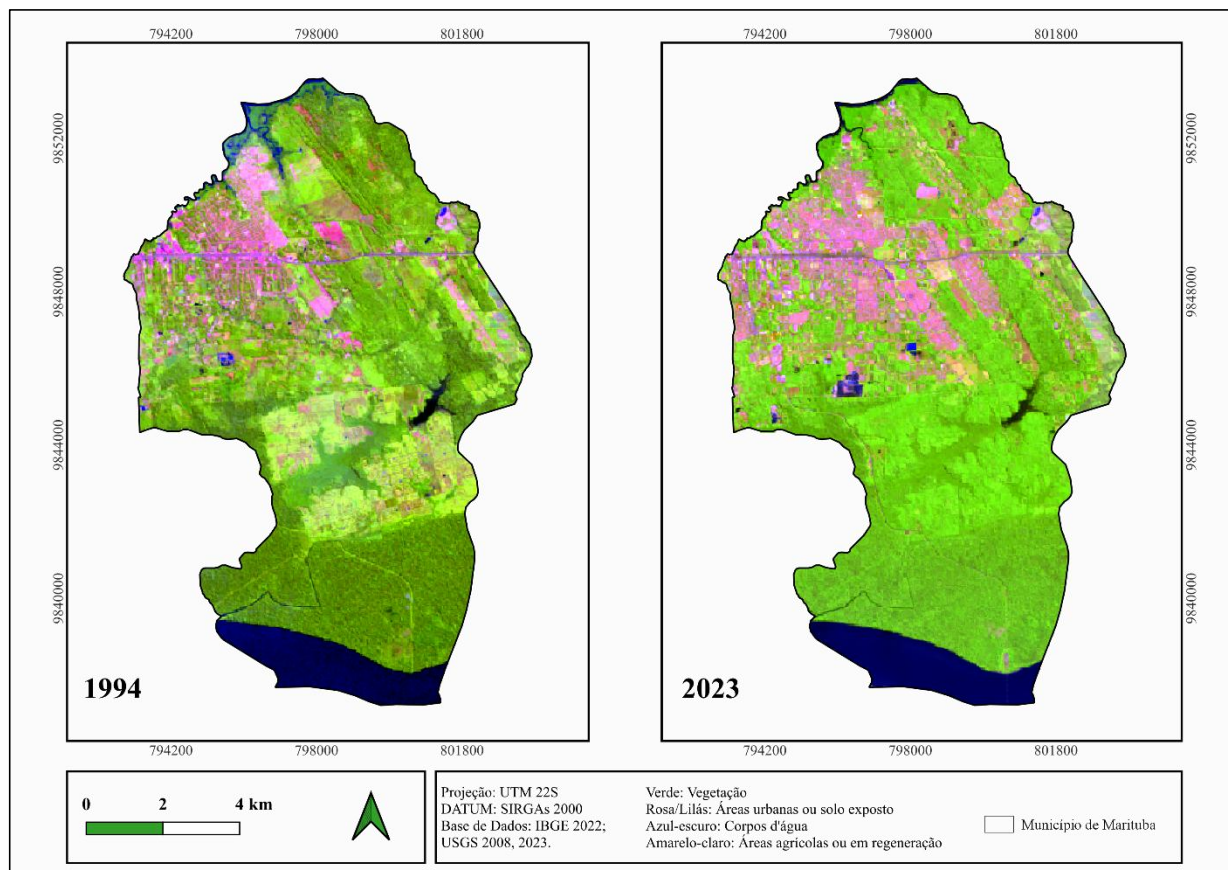


Figura 4. Análise temporal da arborização em Marituba, Pa.
 Figure 4. Temporal analysis of urban tree cover in Marituba, PA.

A urbanização acelerada impacta negativamente a vegetação urbana e os serviços ecossistêmicos, evidenciando a necessidade de políticas públicas robustas. O sensoriamento remoto mostra-se essencial para o monitoramento dessas mudanças e para a orientação de ações voltadas à conservação ambiental. A avaliação temporal comparativa das imagens de satélite permite compreender com maior profundidade os impactos da conversão do uso do solo, facilitando a implementação de estratégias de mitigação e adaptação voltadas a um desenvolvimento urbano sustentável.

CONCLUSÕES

O município de Marituba apresenta cobertura vegetal média de 54,15%, acima do recomendado pela ONU. Contudo, há forte desigualdade na distribuição, com bairros centrais e consolidados apresentando os menores índices. O ICVH foi de 66,45 m²/hab., superando os 15 m²/hab. recomendados pela SBAU. Esse valor é diretamente influenciado pela presença do REVISMA, importante fragmento de floresta na região.

A análise temporal indicou redução das atividades agropecuárias e aumento da regeneração natural em algumas áreas. Por outro lado, houve avanço da urbanização, com aumento de superfícies impermeabilizadas e redução dos serviços ecossistêmicos. Diante desse cenário, é necessária a implementação de políticas públicas focadas na arborização dos bairros críticos. O uso do sensoriamento remoto se mostra essencial para apoiar o planejamento urbano sustentável em Marituba.

REFERÊNCIAS

APFELBECK, B.; SNEP, R. P.; HAUCK, T. E.; FERGUSON, J., HOLY, M.; JAKOBY, C.; WEISSER, W. W. Designing wildlife-inclusive cities that support human-animal co-existence. **Landscape and Urban Planning**, v. 200, p. 103817, 2020.

BARBOSA, L.; BAHIA, M. Refúgio de Vida Silvestre na Metrópole da Amazônia: conhecimento do patrimônio histórico-cultural local para a gestão da UC. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 2, 2019.

BIZ, S.; PASTÓRIO, A. P.; BRUN, F. G. K.; BRUN, E. J.; WATZLAWICH, L. F. Indicadores de diversidade para a arborização viária do bairro centro norte da cidade de Dois Vizinhos – Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 10, n. 3, p. 1–13, 2016.

BORGES, D. A. B.; LIMA, E. R. V.; SANTOS, J. S.; CUNHA, C. L.; CASTRO, A. A. B. C. Análise da arborização urbana na cidade de Patos/PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1343-1359, 2018.

BRILLI, L.; CAROTENUTO, F.; CHIESI, M.; FIORILLO, E.; GENESIO, L.; MAGNO, R.; GIOLI, B. An integrated approach to estimate how much urban afforestation can contribute to move towards carbon neutrality. **Science of The Total Environment**, v. 842, p. 156843, 2022.

FADHLURRAHMAN, M. M.; NASRULLAH, N. Study of thermal comfort under the shade of varied tree canopy form and distance from the stem. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 501, n. 1, p. 012048, 2020.

FEIO, E. F.; VELOSO, G. A.; HERRERA, R. C. Índices espaciais da arborização na cidade de Altamira – Pará. **Revista GeoAmazônia**, v. 10, n. 20, p. 172-192, 2022.

FELIPPE, B. M.; BOLZAN, M. R.; EUGENIO, F. C.; BOBROWSKI, R. Análises diretas para o processo de gestão da arborização de calçadas em São Pedro do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 4, p. 2035–2056, 2022.

FREIRE, R. L. S.; SILVA, A. C.; JÚNIOR, J. M. T. Avaliação da qualidade ambiental da arborização de ruas nos Bairros Aldeota e Messejana, Fortaleza/CE. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 2, p. 116-127, 2012.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. de C.; SALVADOR; TAVARES, A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2006.

HASAN, S. S.; ZHEN, L.; MIAH, M. G.; AHAMED, T.; SAMIE, A. Impact of land use change on ecosystem services: a review. **Environmental Development**, v. 34, p. 100527, 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/marituba.html>. Acesso em: 16 mar. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapas temáticos. 2023. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos>.

JAT, M. K.; GARG, P. K.; KHARE, D. Modelling of urban growth using spatial analysis techniques: a case study of Ajmer city (India). **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 2, p. 543-567, 2008.

JONES, B. A.; GOODKIND, A. L. Urban afforestation and infant health: Evidence from *MillionTreesNYC*. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 95, p. 26-44, 2019.

JUNIOR, M. R. V.; LISBOA, C. R. F.; CORRÊA, R. do S. Política de habitação de interesse social e trabalho social: caso de Marituba/PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9775-9790, 2021.

LÃ FERRARI, L.; DE OLIVEIRA LAN, R.; LÃ FERRARI, S.; CABRAL, R. P.; FERRARI, J. L. Mapeamento da arborização de ruas na cidade de Alegre, Espírito Santo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 15, p. 109, 2020.

LERMAN, S.; SONTI, N. F. U.S. Forest Service and partners deliver urban wildlife research in support of conservation and management. **Cities and the Environment**, v. 8, n. 1, p. 2, 2015.

LI, J.; DONG, S.; LI, Y.; WANG, Y.; LI, Z.; LI, F. Effects of land use change on ecosystem services in the China–Mongolia–Russia economic corridor. **Journal of Cleaner Production**, v. 360, p. 132175, 2022.

LI, L. Environmental goods provision and gentrification: Evidence from *MillionTreesNYC*. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 120, p. 102828, 2023.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H.; BOBROWSKI, R. Fotografias aéreas para mensuração da área de copa das árvores de ruas de Curitiba–PR. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 577-586, 2012.

LIN, J.; WANG, Q. Are street tree inequalities growing or diminishing over time? The inequity remediation potential of the *MillionTreesNYC* initiative. **Journal of Environmental Management**, v. 285, p. 112207, 2021.

MAGLE, S. B.; FIDINO, M.; LEHRER, E. W.; GALLO, T.; MULLIGAN, M. P.; RÍOS, M. J.; DRAKE, D. Advancing urban wildlife research through a multi-city collaboration. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, n. 4, p. 232-239, 2019.

MARITUBA (PA). Lei Municipal nº 456, de 9 de setembro de 2019. Cria e delimita 20 bairros no município de Marituba, Estado do Pará. **Diário Oficial do Município de Marituba**, Marituba, 9 set. 2019.

MEEROW, S. A green infrastructure spatial planning model for evaluating ecosystem service tradeoffs and synergies across three coastal megacities. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 12, p. 125011, 2019.

MULLER, N. L. Bairros Rurais do Município de Piracicaba/SP. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 43, p. 83-130, 1966.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Comissão mundial de cultura e desenvolvimento. **Nossa diversidade criativa**. Nova York: ONU, 1997.

PATAKI, D. E.; ALBERTI, M.; CADENASSO, M. L.; FELSON, A. J.; MCDONNELL, M. J.; PINCETL, S.; WHITLOW, T. H. The benefits and limits of urban tree planting for environmental and human health. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 603757, 2021.

PINHEIRO, M. A.; COSTA, D. R.; DUTRA, F. B.; FRANCISCO, B. D. S.; TERAÇÃO, S. B.; PERUSSI, G.; DA SILVA, J. M. S. Analysis of the composition and distribution of street trees as a tool for urban planning. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e8311326016, 2022.

QUEIROZ, V. A. V. B. O ambiente periférico metropolitano: o caso de Marituba-PA. 2019. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal do Pará, Belém.

SBAU – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA. Carta a Londrina e Iporã. **Boletim Informativo**, v. 3, n. 5, p. 3, 1996.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; CORRÊA, R. F. M. Benefícios ambientais da arborização urbana em Mogi Guaçu, SP. **Educação Ambiental e Cidadania: pesquisa e práticas contemporâneas – volume 2**. São Paulo: Editora Científica Digital. p. 92-107, 2021.

SILTANEN, U.; PUHAKKA, R. Urban forest visitors' perceptions of biodiversity and its effects on their well-being. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, v. 50, p. 100886, 2025.

SILVA, M. L.; TOURINHO, H. L. Z. O Banco Nacional de Habitação e o Programa Minha Casa Minha Vida: duas políticas habitacionais e uma mesma lógica locacional. **Cadernos MetrÓpole**, v. 17, n. 34, p. 401-417, 2015.

TEIXEIRA, I. F.; GONÇALVES, E. B. Determinação do Percentual de Cobertura Arbórea (PCA) e do Índice de Cobertura Arbórea por Habitante (ICAH) para a área urbana de São Gabriel-RS, através de imagens do satélite Rapideye. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64126-64139, 2020.

WESTPHAL, L. M. Social aspects of urban forestry: Urban greening and social benefits: A study of empowerment outcomes. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 3, p. 137-147, 2003.

YANG, M.; REN, C.; WANG, H.; WANG, J.; FENG, Z.; KUMAR, P.; CAO, S. J. Mitigating urban heat island through neighboring rural land cover. **Nat Cities**, v. 1, p. 522-532, 2024.