ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

O impacto da perda arbórea no clima urbano da cidade de Macapá-AP

The impact of tree loss on the urban climate of the city of Macapá/AP

Hiago Quaresma da Silva
Universidade Federal do Amapá | Macapá | Brasil | hiagoquaresma@gmail.com
Nataliel de Almeida Costa
Universidade Federal do Amapá | Macapá | Brasil | natalieldealmeida@gmail.com
José Alberto Tostes
Universidade Federal do Amapá | Macapá | Brasil | tostes.j@hotmail.com
Felipe da Silva Duarte Lopes
Universidade Federal do Amapá | Macapá | Brasil | felipe.lopes@unifap.br

Resumo

As mudanças climáticas no mundo estão cada vez mais em evidência em consequência do aumento nas temperaturas em zonas urbanas, o que acarreta elevado desconforto térmico com a formação das ilhas de calor. Pesquisas tem se voltado para compreender as variáveis envolvidas no fenômeno, com o intuito de diminuir e mitigar seus efeitos. No contexto amazônico, o ano de 2023 foi considerado um dos mais quentes da história, com altos índices de queimadas no estado do Amapá. Sendo assim, este trabalho busca fazer uma análise comparativa da relação de Normalize Difference Vegetation Index (NDVI) e Temperatura de Superfície da cidade de Macapá nos anos de 2013 e 2023. Para os mapas de NDVI foi utilizado dados do satélite Sentinel-2 utilizando a plataforma Google Earth Engine e para mapa de temperatura foi feita uma análise comparativa utilizando dados de satélite MODIS. Os resultados demonstram uma correlação entre a baixa densidade de vegetação e aumento da temperatura superficial, com destaque para os novos bairros do município. Os dados obtidos são primordiais para a construção de políticas públicas de desenvolvimento urbano sustentável e soluções baseadas na natureza.

Palavras-chave: Clima urbano. NDVI. Ilhas de calor. Desenvolvimento sustentável. Amazônia.

Abstract

Climate change in the world is increasingly evident as a result of the increase in temperatures in urban areas, which leads to high thermal discomfort with the formation of heat islands. Research has focused on understanding the variables involved in the phenomenon, with the aim of reducing and mitigating its effects. In the Amazon context, the year 2023 was considered one of the hottest in history, with high rates of fires in the state of Amapá. Therefore, this work seeks to make a comparative analysis of the relationship between Normalize Difference Vegetation Index (NDVI) and Surface Temperature in the city of Macapá in the years 2013 and 2023. For the NDVI maps, data from the Sentinel-2 satellite was used using the Google Earth Engine platform and for the temperature map, a comparative analysis was carried out using MODIS satellite data. The results demonstrate a correlation between low vegetation density and

Como citar:
SILVA, H. Q. et al. O impacto da perda arbórea no clima urbano da cidade de Macapá-AP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

increased surface temperature, with emphasis on the city's new neighborhoods. The data obtained is essential for the construction of public policies for sustainable urban development and nature-based solutions.

Keywords: Urban climate. NDVI. Heat island. Sustainable development. Amazon.

INTRODUÇÃO

O clima urbano é formado primeiramente pelos elementos térmicos e do ar, como radiação solar, temperatura e velocidade do ar, umidade relativa e precipitação. A absorção, reflexão e condensação, vem como resposta a esses elementos, atuando no conforto e na energia necessária para aquecimento e resfriamento desses ambientes, influenciando e sendo influenciado pela ação humana [1].

A partir desse contexto, as mudanças climáticas causadas pelo processo de urbanização são um produto do comportamento humano sobre o meio ambiente, principalmente alterações na superfície terrestre, impermeabilização do solo e remoção da cobertura vegetal; a concentração de construções e atividades humanas, armazenando e gerando mais calor; causado por mudanças na composição atmosférica e do fluxo de vento induzidos pela rugosidade e verticalização das estruturas humanas [2].

Com o crescimento desordenado das cidades, uma parte significativa da vegetação é removida para a ampliação ou construção de vias e prédios, aumentando a cobertura pavimentada da área urbana, causando alterações no clima de centros urbanos pela falta de vegetação. Sendo as principais modificações climáticas causadas pela ausência de indivíduos arbóreos: maior incidência de radiação solar direta, aumento da temperatura do ar, redução da umidade, modificação direta da direção dos ventos e alteração nos ciclos de precipitação [3].

As árvores apresentam características para promover um ambiente adequado quanto a exigência de conforto, melhorando a qualidade de vida, pois tem função na melhoria e estabilidade do microclima. Por isso a preservação e arborização se faz necessária no que diz respeito a sensação térmica e qualidade de vidas dos habitantes, pois além de todos os benefícios relacionados a temperatura, também purifica o ar reciclando os gases oriundos de atividades humanas, em especial a queima de combustíveis fosseis vindo dos automóveis [4].

No contexto da Amazônia, o aquecimento global em consequência do desmatamento pode afetar o equilíbrio dos ecossistemas e os serviços que eles oferecem. Novos estudos apontam que a Amazônia funciona como o coração da América do Sul em relação a recursos do qual a vida é diretamente dependente, a água. A destruição da floresta amazônica pode passar do limite que permita a sua recuperação afetando não somente a região, mas também os países vizinhos que a cercam [5].

Estudos recentes em áreas urbanas da Amazônia apresentam dados promissores correlacionando a análise dos Índices de Vegetação Normalizada Diferenciada (NDVI) com as mudanças no clima urbano. Gomes et al. [6] realizaram cálculos da temperatura de superfície terrestre (LST) e do NDVI por meio de imagens

multiespectrais dos satélites LANDSAT 7 e 8 e de software SIG na cidade de Palmas/TO entre 2000 e 2017. Com o intuito de aferir o surgimento de ilhas de calor, Bezerra et al. [7] e Bezerra et al. [8] analisaram a LST em conjunto com o NDVI com imagens do LANDSAT 5 e 8 nas cidades de Rio Branco/AC (2000-2020) e Belém/PA (2006-2016), respectivamente. Tejas et al. [9] e Santos e Lima [10] verificaram a distribuição espacial da LST e densidade de vegetação em Porto Velho/RO (1985-2011) e Manaus/AM (1990-2011), respectivamente.

Com intuito de ampliar a compreensão dos impactos da vegetação no microclima local, este trabalho tem como objetivo geral analisar a perda da cobertura vegetal da cidade de Macapá/AP e como isso pode ter afetado o clima do ambiente urbano da cidade na última década.

FUNDAMENTAÇÃO

A seguir é apresentada uma compreensão sobre a arborização urbana e sua importância na mitigação das ilhas de calor.

ARBORIZAÇÃO URBANA

A arborização urbana é uma componente importante do conforto paisagístico e ambiental, e desempenha múltiplas funções nos sistemas de espaços abertos urbanos melhorando o microclima, reduzindo a poluição atmosférica, sonora e visual, fornecendo abrigo para a fauna que vive na cidade, qualificação de lugares urbanos e sua identidade com as comunidades [11]. Essas melhorias beneficiam a ocupação do espaço e a conexão com a natureza nos ambientes urbanos [1].

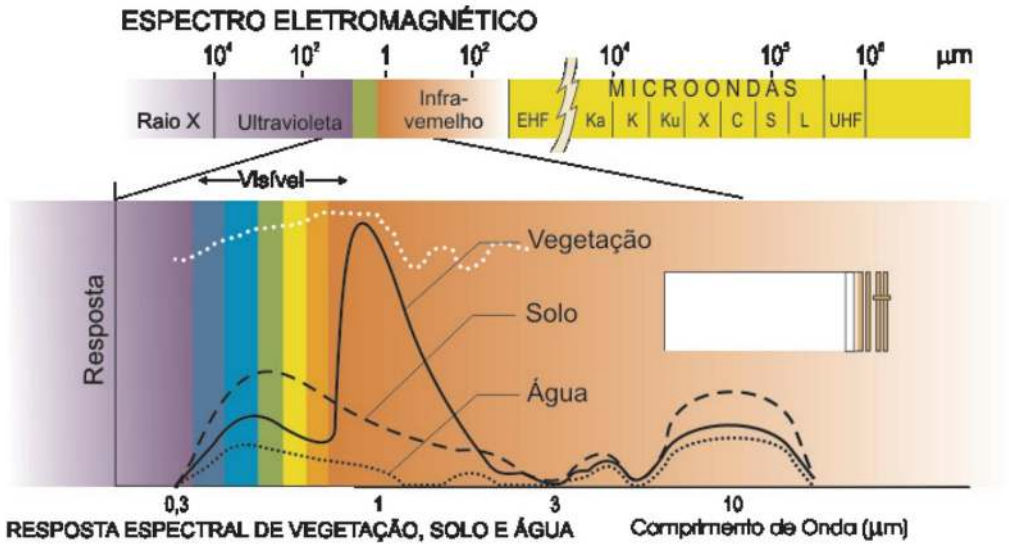
A escolha adequada das espécies arbóreas é complexa, sendo necessárias pesquisas para apoiar decisões sobre o planejamento, projeto, plantio e manutenção de redes de vegetação do tamanho de árvores nas cidades, especialmente em biomas onde tais estudos são raros [1]. Recomenda-se um índice de cobertura vegetal de 30% para proporcionar equilíbrio térmico adequado em áreas urbanas, enquanto áreas com índice de arborização abaixo de 5% possuem características semelhantes aos desertos. Porém, é preciso modificar esse modelo para que se adapte a climas urbanos de diferentes latitudes [12].

Um índice de vegetação é a combinação matemática de uma ou mais bandas espectrais que destaca diferentes padrões, como vegetação, solo exposto e estruturas artificiais, além de quantificar características da vegetação como biomassa, vigor e densidade [13]. Um dos modos de se obter os índices de vegetação é o sensoriamento remoto, realizado através de satélites orbitais que analisam o processo de interação entre a radiação eletromagnética e a superfície terrestre, como água, solo, rochas e vegetação (Figura 1). Na aplicação das técnicas de sensoriamento remoto é possível explorar várias escalas de trabalho dependendo do tipo de estudo almejado [14].

> *A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF) facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do*

solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas [15, p. 7345]

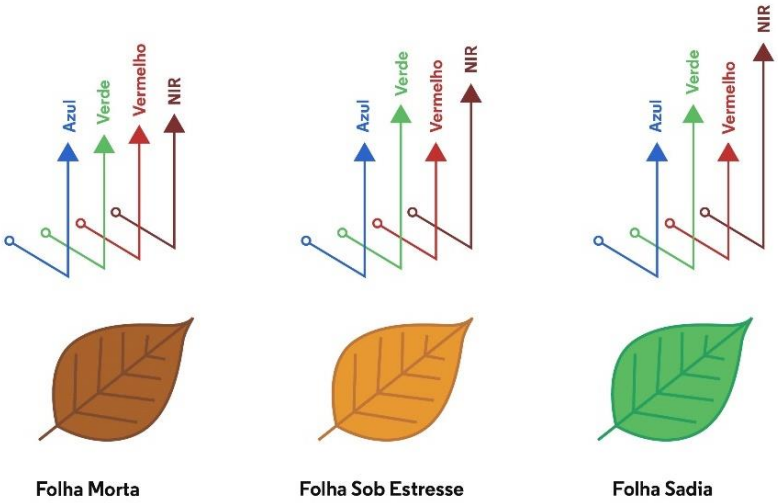
Figura 1: Resposta espectral da superfície terrestre.



Fonte: [16]

A modelagem do índice de vegetação baseia-se no comportamento oposto da refletância da vegetação na região visível, ou seja, quanto maior a densidade das plantas, menor a refletância devido à absorção da radiação pelos pigmentos fotossintéticos, enquanto quanto maior a densidade das plantas, maior a refletância devido à absorção da radiação pelos pigmentos fotossintéticos (Figura 2) [15].

Figura 2: Respostas da vegetação em diferentes bandas e condições.



Fonte: [13]

O efeito de amortecimento da temperatura pela vegetação é um fenômeno que ocorre quando a vegetação absorve a radiação solar e a converte em energia térmica, reduzindo assim a temperatura ambiente. A ausência de vegetação, por outro lado, pode levar à formação de ilhas de calor em áreas urbanas.

ILHAS DE CALOR

As primeiras observações de ilhas de calor foram em Londres no ano de 1833, reportadas por Luke Howard. Elas são formadas em áreas urbanas e suburbanas onde existem materiais de construção comuns, que absorvem e retêm mais radiação e calor do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. Esse aquecimento ocorre, pois, a maior parte dos materiais de construção é impermeável, fazendo com que a água das chuvas não amenize a temperatura no mesmo local. Em contraponto, a vegetação costuma manter a temperatura igual ou inferior à temperatura do ar, desde que esteja devidamente hidratada [17].

Em dias calmos e claros, o efeito da ilha de calor é mais intenso, uma vez que a energia solar é absorvida de forma mais intensa pela baixa nebulosidade e a ausência de ventos faz com que o calor demore mais a ser dissipado. Já em dias nublados e com ventos, o efeito é menor. O efeito pode levar a uma diferença de 1°C entre a temperatura urbana e rural no período noturno, e até 3,6°C durante o dia, em períodos calmos e claros [17].

Ao longo do tempo, os procedimentos utilizados para detectar ilhas de calor evoluíram com a tecnologia. A utilização de dados de estações meteorológicas oficiais como do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é o método mais indicado, pela confiabilidade do valor real dos dados de temperatura. Porém, sua espacialização não apresenta a adequação quanto à compreensão do fenômeno das Ilhas de calor. A partir de 1970 o sensoriamento remoto, por meio de imagens de satélite, passou a ser bastante utilizado nestes estudos, sendo possível assim, ter visões em diferentes escalas, realizando medidas através dos dados do sensor infravermelho termal em Temperatura de Superfície Terrestre (Land Surface Temperature - LST), fornecendo a temperatura qualitativa da cidade, ou seja, o desenho do clima urbano [18].

A partir do exposto, a metodologia da pesquisa é descrita a seguir.

MÉTODO

Para atender ao objetivo da pesquisa, o estudo possui um delineamento experimental, com um procedimento metodológico definido através da seleção de uma área de estudo, definição do recorte temporal, aquisição dos dados e análise dos resultados.

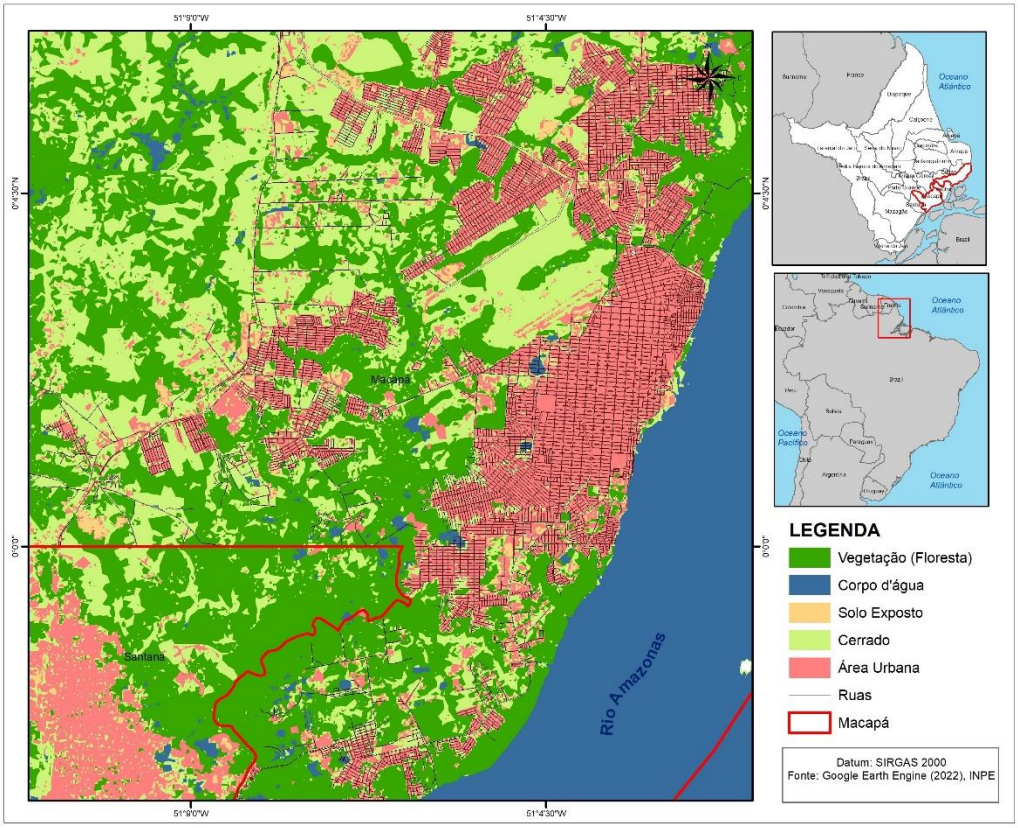
ÁREA DE ESTUDO

O município de Macapá, capital do Amapá (Figura 3), localiza-se nas coordenadas 0°0’0”N 51°3’59”W, com extensão territorial de 6.563,849 km², uma população de 442.933 habitantes, com 67,48 habitantes por km² e um IDHM alto de 0,733, sendo o município de abriga quase 60% dos habitantes do estado [19].

Macapá possui clima tropical úmido (Am) na Classificação de Köppen-Geiger [20]. Caracteriza-se por ser a única capital do Brasil cortada pela Linha do Equador, com incidência solar e temperaturas médias bastante elevadas durante todo o ano. A cidade possui temperaturas médias em torno de 27 °C, com máximas de até 35 °C em novembro, e mínimas em torno de 23 °C em fevereiro, com alta taxa de umidade

relativa (entre 70% e 90% ao longo do ano), e ventilação predominante de Leste-Nordeste, com velocidade média de 2,5 m/s [21].

Figura 3: Mapa do município de Macapá.



Fonte: os autores.

AQUISIÇÃO DE DADOS

O sistema de informação geográfica (SIG) caracteriza-se por tecnologias como geoprocessamento e sensoriamento remoto, importantes ferramentas no desenvolvimento de estudos sobre fenômenos geográficos, contribuindo para a geração e produção de conhecimento e sua integração. A Temperatura da Superfície Terrestre (LST), pode fornecer dados importantes sobre as características físicas do clima local, e faz com que seja fundamental para o estudo e entendimento das variáveis ambientais dentro do ambiente urbano como a vegetação [24].

Para analisar o uso do solo, os dados foram adquiridos no MapBiomas referentes aos anos de 2013 a 2023, os quais foram posteriormente importados para o ambiente do ArcMap. O processo de importação demandou especial atenção à correta espacialização e alinhamento das camadas, garantindo a representação fiel das mudanças no uso do solo ao longo do período analisado.

Utilizando ferramentas de análise espacial disponíveis no ArcMap, como "Difference" ou "Overlay", foi possível comparar as camadas de diferentes anos e destacar áreas onde ocorreram alterações no uso do solo. Essas ferramentas foram essenciais para quantificar e visualizar as mudanças, avaliando padrões de urbanização, solo exposto e vegetação.

Sobre os dados de NDVI, foi conduzida uma análise comparativa dos dados dos anos de 2013 e 2023. Para tal, imagens de satélite do Sentineln2 foram adquiridas e processadas utilizando a plataforma Google Earth Engine. Esse processo incluiu a seleção, download e pré-processamento das imagens, visando extrair informações significativas relacionadas à cobertura vegetal ao longo do tempo.

A etapa seguinte envolveu a transferência das imagens já processadas para o ambiente do ArcMap, onde foram integradas e organizadas para formar um mapa comparativo do NDVI. Esse mapa permite visualizar as variações na vegetação durante o período selecionado, destacando áreas de aumento ou redução na saúde e densidade vegetal e são calculados pela diferença da refletância entre a faixa de RI que é a reflectância do infravermelho e a faixa do RV sendo a reflectância do vermelho através da equação:

Assim como na análise do uso do solo, a configuração de estilos e símbolos no ArcMap foi essencial para a visualização clara das mudanças no NDVI. Ferramentas de análise espacial foram utilizadas para comparar e identificar áreas onde ocorreram alterações significativas na vegetação ao longo dos anos selecionados.

No mapa de LST foi feita uma análise comparativa das temperaturas utilizando dados dos anos de 2013 e 2023. As imagens de temperatura foram adquiridas e processadas através da plataforma Google Earth Engine, que oferece recursos robustos para manipulação e análise de dados de sensoriamento remoto.

O algoritmo da plataforma realiza diversas etapas para processar imagens do Landsat 8 e calcular a LST. Primeiramente, é aplicada uma máscara para remover nuvens e sombras de nuvens das imagens. Em seguida, é calculado o NDVI, que indica a quantidade de vegetação na área, que depois é normalizado para um intervalo de 0 a 1 e elevado ao quadrado para ressaltar diferenças de vegetação. Com base nesse NDVI, é calculada uma imagem de emissividade (EM), utilizada junto com a banda termal da imagem Landsat 8 para calcular a LST. A equação utilizada para o cálculo da LST considera a temperatura na banda termal e a emissividade, resultando na temperatura da superfície terrestre em graus Celsius.

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{R})}{(\mathrm{NIR} + \mathrm{R})}$$

Onde:
NIR= Comprimento de onda do infravermelho
R= Comprimento de onda vermelho

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI\,min}{NDVI\,\max - NDVI\,min}\right)^2$$

Onde:
Pv = Proporção de vegetação
NDVI = Índice de Vegetação com Diferença Normalizada
NDVI min = Valor mínimo do NDVI;
NDVI max = Valor máximo do NDVI

$$e = 0.004 * Pv + 0.986$$

Onde:
e = Emissividade da superfície terrestre do NDVI;
Pv = Proporção de vegetação.

$$T = \frac{K2}{ln} * \left(\frac{\mathrm{K1}}{L\lambda + 1}\right) - 273{,}15$$

Onde:
T= Temperatura de brilho do satélite em Kelvin (K);
Lλ = Radiância espectral;
K1 = Banda Especifica conversão térmica a partir dos metadados;
K2 = Banda Especifica conversão térmica dos metadados;
- 273.15 = Conversão de Kelvin para graus Celsius.

$$LST = \frac{T}{1} + \mathrm{W} * \left(\frac{\mathrm{T}}{p}\right) * \ln(e)$$

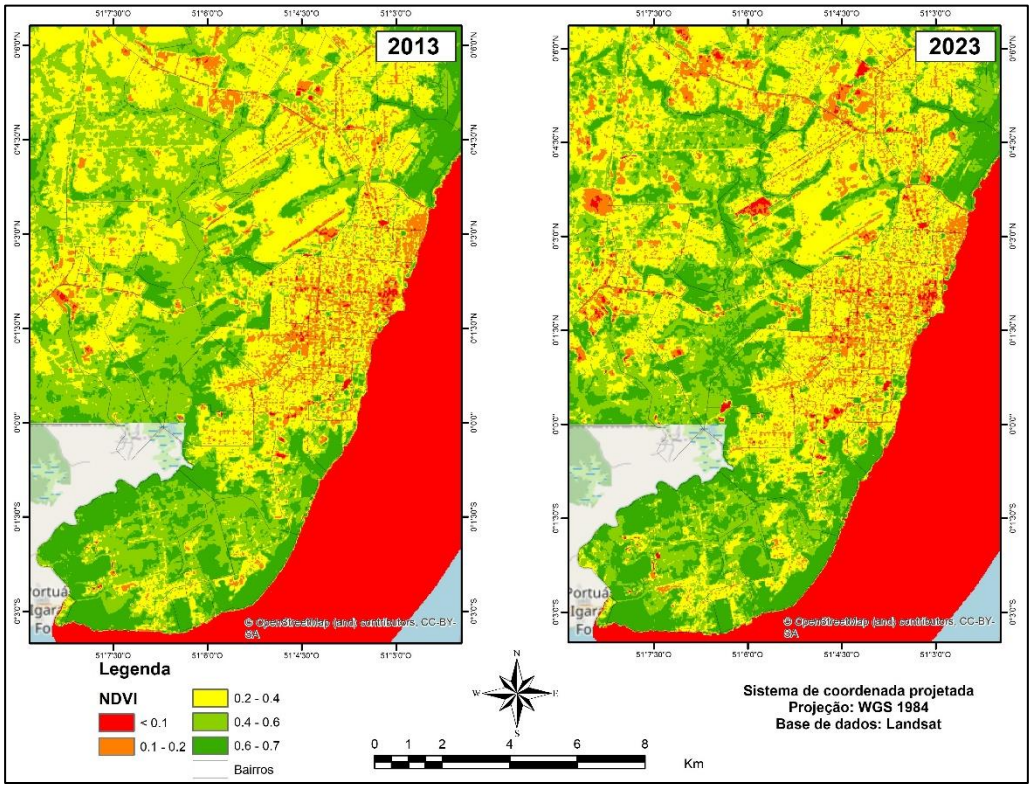
Onde:
T= Temperatura do Satélite;
W= Comprimento de onda da radiância emitida (11.5µm);
p = 14380;
e = Emissividade da superfície terrestre do NDVI.

Com o processo de obtenção dos dados, partiu-se para a análise dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de NDVI encontrados na cidade de Macapá variaram entre 0 e 0,7 sendo valores mais próximos de 1 maior o vigor das áreas de vegetação e valores próximos de 0 podem ser de áreas hídricas e solo exposto (Figura 4).

Figura 4: NDVI de Macapá (2013-2023).



Fonte: os autores.

Para a análise do uso do solo, o NDVi foi dividido em três classes (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de Uso do Solo

Classes de Uso do Solo	Intervalo do NDVI
Solo exposto ou Água	< 0,1
Vegetação sob estresse	0,1 a 0,4
Vegetação sadia	0,4 a 0,7

Fonte: os autores.

Áreas que sofreram perdas nos valores de NDVI nos últimos 10 anos estão relacionadas diretamente com urbanização e a criação de novos bairros e condomínios como por exemplo o bairro Coração localizado na região oeste da cidade e a construção do conjunto Habitacional Miracema situado na Rodovia Norte-Sul, além da pavimentação dos bairros Jardim Felicidade 1 e 2, Boné Azul e Amazonas situados na região norte.

Pode-se observar a dinâmica da diminuição da vegetação sadia em detrimento do aumento da vegetação sob estresse e solo exposto nos bairros estudados e detalhados na Tabela 2.

Tabela 2: Percentual de Qualidade de Solo dos bairros analisados.

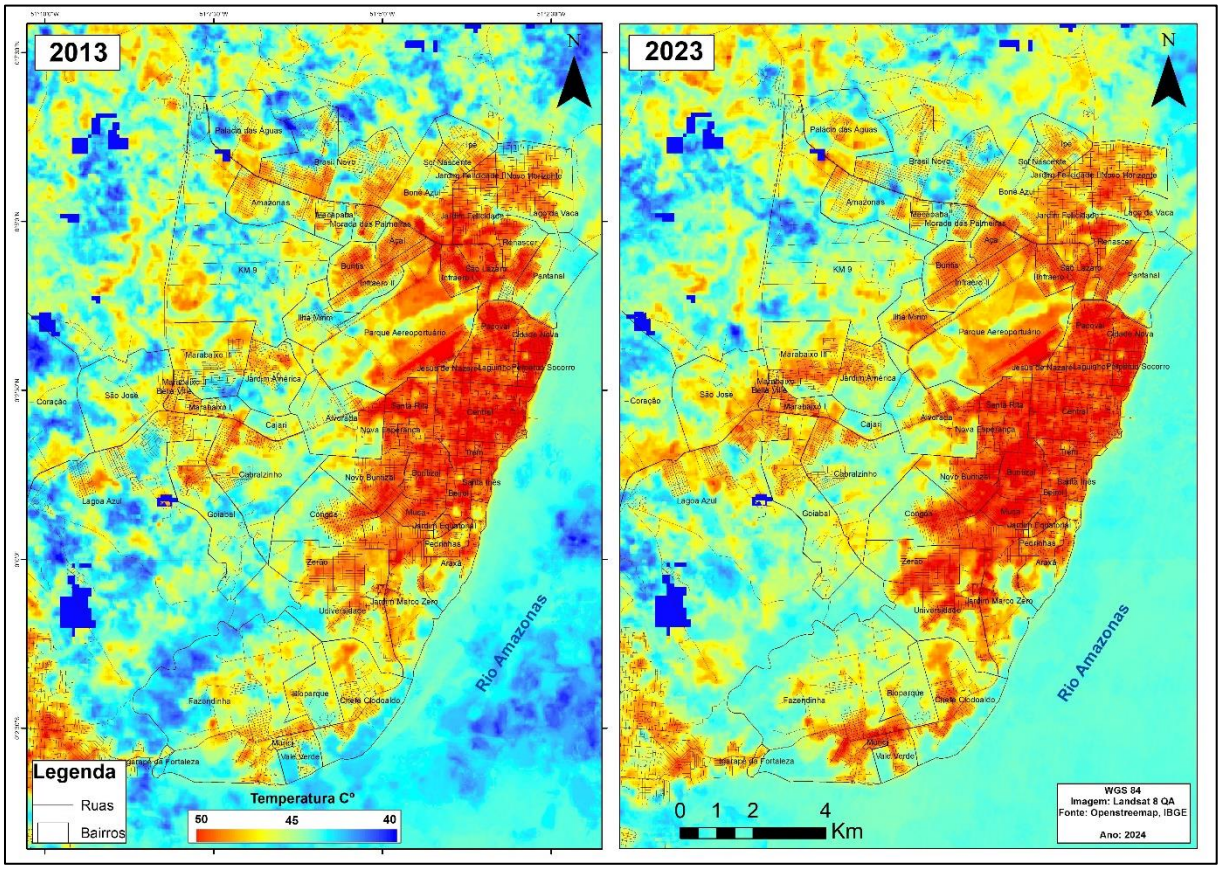
	Vegetação Sadia (%)		Vegetação Sob Estresse (%)		Solo Exposto ou Água (%)	
Bairros	**2013**	**2023**	**2013**	**2023**	**2013**	**2023**
Chefe Clodoaldo	81,37	73,66	18,63	26,34	0	0
Fazendinha	87,58	84,18	12,23	15,5	0,19	0,32
Ilha Mirim	61,1	47,4	38,9	45,5	0	7,1
Jd. Marco Zero	57,92	53,05	47,08	43,75	5	3,2
Lagoa Azul	63,84	60,58	35,36	38,02	0,8	1,4
Marabaixo	32,9	31,5	66,1	68,5	0	0
Universidade	82,0	81,05	17,2	18,05	0,8	0,9
Zerão	38,42	35,78	60,52	61,31	1,06	2,91

Fonte: os autores.

No que tange a temperatura, a partir dos dados do INMET, a cidade de Macapá registrou uma máxima de 32,7 °C e uma mínima de 21,9 em 2013. Em 2023 a máxima temperatura registrada foi de 35,4 °C e mínima de 21,8 °C, uma diferença de 2,7 °C nas temperaturas máximas nos últimos 10 anos (Figura 5).

O espalhamento da temperatura dá-se pelo modelo de urbanização da cidade de Macapá, de crescimento horizontal em direção às periferias da cidade, o que corrobora para o aumento da temperatura (Tabela 3). O crescimento horizontal cada vez mais acelerado e sem limites consistentes torna-se contínuo quando a expansão se funde e conurba com o denso tecido dos centros urbanos [23]. Este fenômeno pode ser observado nas regiões oeste e sul da cidade, com condomínios de médio e alto padrão, ligando Macapá com a cidade vizinha Santana por meio da rodovia Duca Serra.

Figura 5: Temperatura de Superfície Terrestre (LST) de Macapá (2013-2023).



Fonte: os autores.

Tabela 3: Temperatura de Superfície Terrestre (LST)

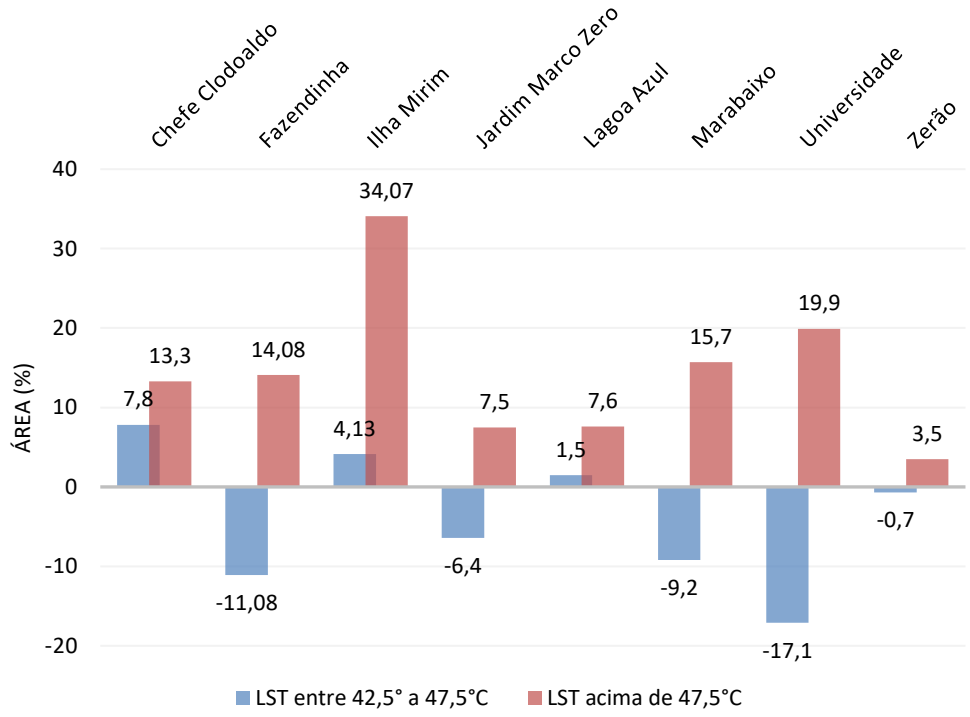
	42,5°C a 47,5 (%)		Acima de 47,5°C (%)	
Bairros	**2013**	**2023**	**2013**	**2023**
Chefe Clodoaldo	39,7	47,5	20,4	33,7
Fazendinha	35,83	24,75	0,97	15,05
Ilha Mirim	43,57	47,7	8,03	42,1
Jardim Marco Zero	34,2	27,8	54,8	62,3
Lagoa Azul	45,9	47,4	8,6	16,2
Marabaixo	48,3	39,1	31,2	46,9
Universidade	53,1	36	35,5	55,4
Zerão	25,6	24,9	54,1	57,6

Fonte: os autores.

Uma das causas que explica a variação de temperatura na última década é a supressão da vegetação e impermeabilização do solo com a pavimentação das ruas e calçadas, resultando na criação de ilhas de calor e aumento do desconforto térmico nessas regiões. Na Figura 5 verificou-se um espalhamento da elevação das temperaturas de superfície – antes concentrada apenas na Zona Leste – expandindo-se para os bairros localizados nos limites do município de Macapá com Santana pela Zona Oeste e Sul. Sendo eles Lagoa Azul e Marabaixo (Oeste), Fazendinha, Chefe Clodoaldo, Zerão, Universidade e Jardim Marco Zero (Sul), com exceção do Bairro Ilha Mirim (Norte) que se destaca pela criação do Conjunto Habitacional Miracema. A Figura 6 traz as

diferenças de LST entre os anos de 2013 e 2023, constatando-se a maior variação de aumento de calor no Bairro Ilha Mirim, e redução no Bairro Universidade.

Figura 6: Diferença da LST (2013-2023).



Os resultados analisados evidenciam a relação entre a diminuição das áreas vegetadas e do índice NDVI com o aumento da LST, causados sobretudo pelas alterações do uso do solo e da cobertura vegetal.

CONCLUSÃO

Este trabalho analisou a influência da perda cobertura vegetal em Macapá/AP no clima urbano da última década. Os resultados apresentados indicaram uma diferença significativa no NDVI, reduzido entre 2013 e 2023, e o consequente aumento da temperatura superficial, gerando desconforto térmico no macro e microclima urbano.

As áreas que mais sofreram diminuição nos índices de NDVI foram os bairros mais recentes, como o conjunto habitacional Miracema e o bairro planejado Floresta Tropical. Porém, também foram percebidas alterações nos bairros Jardim Felicidade 1 e 2, Boné Azul e Coração, Zerão, Universidade, Fazendinha, Muruci e Vale Verde, com alteração considerável nas temperaturas superficiais.

Com isso, pode-se concluir que as informações levantadas do NDVI e temperatura de superfície da cidade de Macapá se mostraram promissoras e se complementam para gerar uma análise coerente com os dados recolhidos do Instituto Nacional de Meteorologia, sendo ferramentas viáveis para monitoramento remoto e auxílio em estudos de planejamento urbano e regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá - PPGDAS/UNIFAP.

REFERÊNCIAS

[1] BASSO, Jussara M.; CORRÊA, Rodrigo S. Arborização Urbana e qualificação da paisagem. **Revista Paisagem e meio ambiente: Ensaio**, São Paulo, n. 34, p 129-148, dez. 2014.

[2] NASCIMENTO, Diego T. F. **Emprego das técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986-2010)**. 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2011.

[3] ABREU, Loyde Vieira. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008, Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2008.

[4] PINHEIRO, Clebio R.; SOUZA, Danilo D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. 2017, **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 67-82, abr./set. 2017.

[5] MARENGO, José A.; SOUZA JUNIOR, Carlos. **Mudanças climática**: Impactos e cenários para a Amazônia. São Paulo, dez 2018. Disponível em: https://www.oamanhaehoje.com.br/assets/pdf/Relatorio_Mudancas_Climaticas-Amazonia.pdf. Acesso em: 20 abril 2024.

[6] GOMES, Felipe D. G.; FUZETO, Isabela M. R.; PRATES, Renata P. Análise Multitemporal do clima urbano em Palmas, estado de Tocantins – Brasil. 2020. **Colloquium Exactarum**, v. 12, n.2, p. 1 –14, Abr./Jun. 2020.

[7] BEZERRA, Emili S.; MAFALDA, Salomão. ALVAREZ, Ana B.; CHAVEZ, Roger F. L. Análise temporal de ilhas de calor utilizando processamentos de imagens de satélite: Estudo de caso Rio Branco, Acre. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 15, n.1, p.70-78, abr. 2023.

[8] BEZERRA, Paulo E. S.; MORAES, Eiky T. I.; SOARES, Ismael R. C. Análise da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor. 2018. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 3, p. 803-818, jul./set. 2018. DOI 10.14393/rbcv70n3-4570.

[9] TEJAS, Gaziela T.; NUNES, Dorisvalder D.; SOUZA, Reginaldo M. S.; CORRÊA, Ana C. S.; WATANABE, Michel. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio do sensoriamento remoto na cidade de Porto Velho/RO (1985-2011). **Revista franco-brasileira de geografia**, v. 32, n.32, set. 2017.

[10] SANTOS, Carlos A. C.; LIMA, Jeane R. A. Análise dos Efeitos da Expansão Urbana de Manaus-AM Sobre Parâmetros Ambientais Através de Imagens de Satélite. **Revista Brasileira de Geografia Física,** v. 06, n. 01, p. 001-014, 2013.

[11] EMBRAPA. **Arborização urbana e produção de mudas de essências florestais nativas em Corumbá, MS**. 2002. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81195/1/DOC42.pdf. Acesso em: 15 jan. 2024.

[12] NUCCI, João C.; BUCCHERI, Alexandre T. Espaços livre, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro do Alto da XV, Curitiba/PR. 2006. **Revista do Departamento de Geografia,** v. 18, p. 48-59.

[13] CEREDA JUNIOR, A. (Org. Trad.) **Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI: Perguntas & Respostas para a Agricultura 4.0 - parte 1**, maio 2020. Disponível em https://geografiadascoisas.com.br/NDVI. Acesso em: 20 dez 2023.

[14] PONZONI, Flávio J.; SHIMABUKURO, Yosio E.; KUPLICH, Tatiana M. **Sensoriamento remoto da vegetação.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2012.

[15] BORATO, Isa M. P.; GOMIDE, Reinaldo L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/956305/1/Aplicacaoindices.pdf/. Acesso em: 15 jan. 2024.

[16] MORAES, E. C. de. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto. Capítulo 1**. São José dos Campos: INPE, 2002. Disponível em: https://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf. Acesso em: 18 dez. 2023.

[17] GLARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

[18] MIRANDA, Yara C. **Sensoriamento remoto aplicado à detecção de ilhas de calor urbanas**: uma revisão sistemática. 2018, Artigo (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. 2018.

[19] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

[20] PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, out. 2007.

[21] INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas Brasileiras (1991-2020).** Disponível em: http://www.inmet.gov.br. Acesso em: 15 dez. 2023.

[22] SANTOS, Larissa G. F.; FIALHO, Edson Soares. Análise da distribuição da temperatura de superfície em relação ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, em estação seca e chuvosa, no município de Teixeiras- MG. **Revista Ponto de Vista**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 95-112, out. 2020.

[23] JAPIASSÚ, Luana A. T.; LINS, Regina D. B. As diferentes formas de expansão urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 02, n. 13, 2014, p. 15-25. 2014.