

## **GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DO CLIMA URBANO – ANÁLISE TÉRMICA HISTÓRICA EM RONDON DO PARÁ - PA**

Andreza Pinheiro Santos<sup>1</sup>  
Lorrâny Moraes de Almeida<sup>2</sup>  
Luane Margarida Caldas Barbosa<sup>3</sup>  
Abraão Levi dos Santos Mascarenhas<sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A urbanização acelerada e desordenada, característica das grandes metrópoles contemporâneas, tem gerado uma série de impactos ambientais, entre os quais se destaca o fenômeno das ilhas de calor urbano (ICU). As ICUs são áreas urbanas que apresentam temperaturas significativamente mais elevadas do que as regiões periféricas e rurais circundantes, devido à modificação das superfícies naturais e à emissão de calor antropogênico. Esse fenômeno tem consequências diretas na saúde pública, no consumo energético e na qualidade de vida dos habitantes urbanos.

O estudo do clima urbano é essencial para a formulação de políticas públicas e estratégias de mitigação que visem a sustentabilidade das cidades. Nesse contexto, as geotecnologias, especialmente as imagens de satélite, emergem como ferramentas indispensáveis. Entre as várias tecnologias disponíveis, as bandas termais fornecem dados valiosos sobre a distribuição espacial da temperatura de superfície, permitindo a identificação de hotspots térmicos e a análise detalhada do campo térmico urbano.

Neste estudo, realizamos uma análise das variações de temperatura em Rondon do Pará ao longo de quatro décadas, utilizando imagens de satélite Landsat 5, 7 e 8, além de correlacionar os dados com o Índice de Vegetação Ajustada ao Solo (SAVI) e o Índice de Umidade de Diferença Normalizada (NDMI). Essa abordagem multidisciplinar permite compreender como as mudanças no ambiente urbano afetam o padrão térmico local. Atualmente o avanço no sensoriamento remoto, aliado ao desenvolvimento e/ou aprimoramento teórico-metodológicos, tem sido indispensáveis nos estudos da ciência sobre a superfície terrestre (Barbosa e Dorigon, 2014).

Este artigo tem como objetivo explorar a aplicação das geotecnologias, com ênfase no uso das bandas termais, para o estudo do clima urbano na cidade de Rondon do Pará. Através da análise das imagens de

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Geografia da UNIFESSPA - PA, [andrezasantos@unifesspa.edu.br](mailto:andrezasantos@unifesspa.edu.br) ;

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Geografia da UNIFESSPA - PA, [loh.moraes@unifesspa.edu.br](mailto:loh.moraes@unifesspa.edu.br) ;

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Geografia da UNIFESSPA - PA, [luane\\_geografia@unifesspa.edu.br](mailto:luane_geografia@unifesspa.edu.br) ;

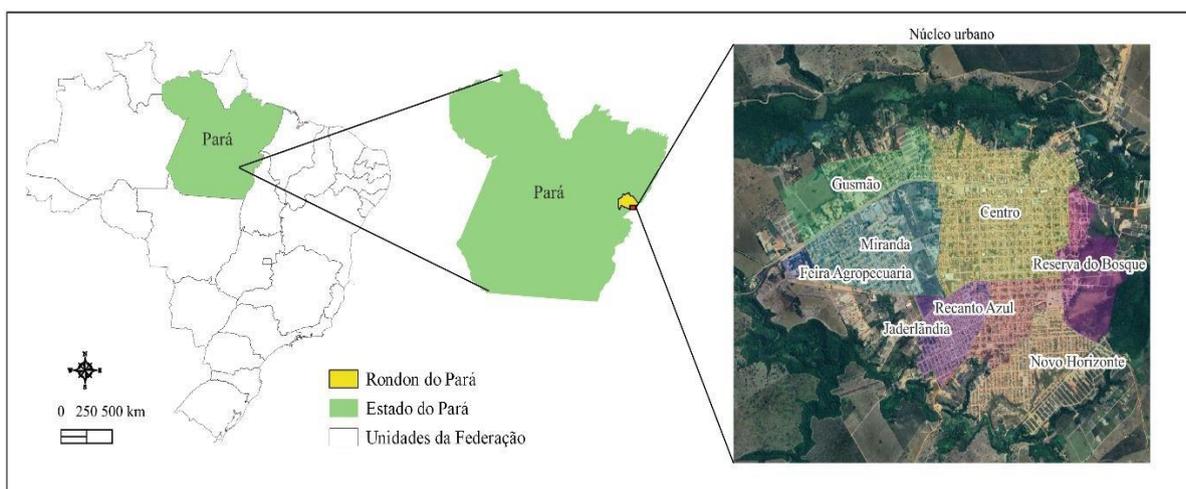
<sup>4</sup> Doutor pelo Curso de Geografia UNIFESSPA- PA, [abraaolevi@unifesspa.edu.br](mailto:abraaolevi@unifesspa.edu.br)

satélite Landsat 5, 7 e 8, pretende-se mapear a distribuição histórica espacial das temperaturas de superfície e identificar as principais áreas afetadas pelas ICUs. Este estudo busca contribuir para o entendimento das dinâmicas térmicas urbanas e fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de mitigação das ilhas de calor, promovendo um ambiente urbano mais sustentável e resilientes.

## Características da cidade estudada

A área de estudo abrange o perímetro urbano do município de Rondon do Pará, cuja origem remonta ao final de 1962, consolidando-se a partir do programa de ocupação e construção da rodovia durante o governo militar (IBGE, 2017). Estrategicamente localizada no sudeste do estado do Pará, a cidade faz parte da mesorregião sudeste do Pará e possui aproximadamente 53 mil residentes, encontrando-se a uma altitude de 195 metros, distando 540 quilômetros da capital Belém (IBGE, 2023). A rodovia BR-222 conecta Rondon do Pará a municípios como Abel Figueiredo, Bom Jesus, entre outros, na região sudeste do estado paraense.

**Figura 1** – Mapa de localização da cidade de Rondon do Pará



Org.: Autor, 2024

Fonte: IBGE, 2023

Compreender a História não é apenas uma reflexão sobre o espaço urbano, mas uma forma de extrapolar a paisagem e explorar as complexas relações entre materialidade e interações sociais. Na Geografia física, ao investigar o fenômeno urbano, é crucial analisar a coexistência da materialidade da cidade com as interações sociais ao longo do tempo. Essa coexistência gera mudanças espaciais que deixam marcas na paisagem, oferecendo insights para entender as peculiaridades do presente e projetar um futuro onde as ambiguidades existentes possam ser mitigadas. Em Rondon do Pará, a interação entre seres humanos e a natureza ao longo do tempo desempenhou um papel significativo na criação de diferentes condições atmosféricas dentro do ambiente urbano.

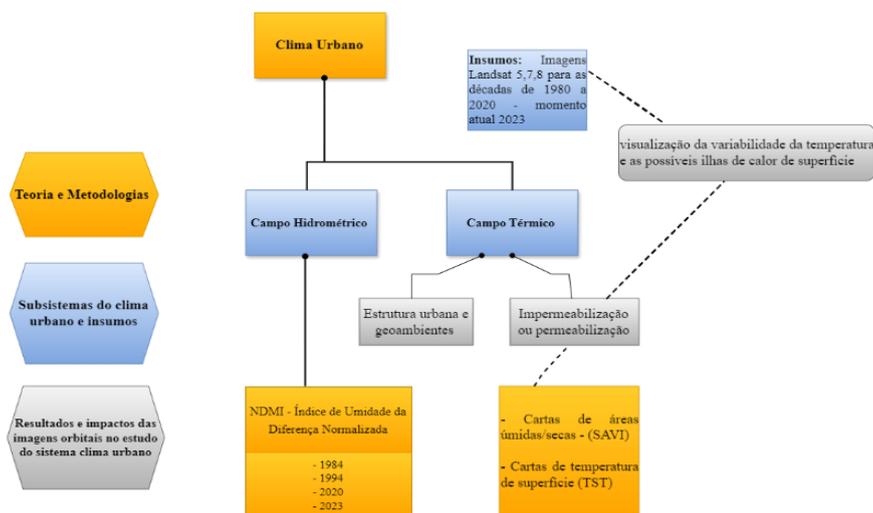
A economia de Rondon do Pará experimentou diversas fases históricas. Na década de 1980, com o aumento no número de imigrantes, a cidade viu o surgimento de uma economia

fortemente vinculada à extração de madeira, impulsionada por investimentos públicos e privados. No início dos anos 2000, a economia ainda era centrada nas atividades madeireiras, mas logo enfrentou desafios e irregularidades, resultando em uma decadência econômica. Atualmente, a economia de Rondon do Pará está voltada para o setor agropecuário e comercial, refletindo a resiliência da comunidade em buscar novas alternativas para sustentar o desenvolvimento local.

## METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A metodologia utilizada contempla a estimativa, o mapeamento e a integração das características espectrais, definidas para representar a tecnologias passivas que podem ser implementadas para promover o resfriamento das cidades, em um espaço celular georreferenciado, criado para representar o espaço urbano. Os métodos utilizados incluem: sensoriamento remoto, com o processamento de imagens do satélite Landsat 5, 7 e 8 coleção Level-1, geoprocessamento para o mapeamento dos dados de mensuração de temperatura e dos índices de verificação dos fatores hidrométrico, conforme a (figura 2).

**Figura 2** – Diagrama metodológico do trabalho.



Fonte: Autores, 2024.

As bases de dados utilizadas para consolidação das análises exploratórias foram: Base de dados do Serviço Geológico Americano (USGS), onde foram obtidas as imagens do satélite

Landsat- 5, 7 e 8 e base de dados sobre a cidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a base sobre uso e cobertura da terra fornecida pelo Mapbiomas. O software utilizado para a realização do experimento é uma ferramenta gratuita de código aberto: (1) QGIS 3.22, sistema de informação geográfica (SIG).

Os experimentos foram realizados com base nas imagens termais de quatro décadas processamos cerca de 360 imagens orbitais para gerar mapas de Temperatura da Superfície Terrestre (TST), onde para compreender a variação da temperatura, selecionaram-se imagens do mês de julho, agosto e outubro nas décadas de 1980 (10 imagens), 2000 (13 imagens), 2010 (15 imagens) e início dos anos de 2020 (17 imagens), para assim avaliar a mudança no padrão da temperatura, da coleção Level-1 do satélite Landsat-5, 7 e 8 (L5,L7,L8), com incidência de nuvens abaixo de 5%. A coleção Level-1, não contempla as correções atmosféricas relativas aos fatores geofísicos, que influenciam os dados coletados pelos sensores a bordo dos satélites, como os gases presentes na atmosfera, aerossóis e altitude (USGS, 2019b).

Para fazer essa correção utilizamos o Plugin SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) que é acoplado ao software Qgis, para melhorar sua qualidade, incluindo correções atmosféricas e conversões para temperatura Celsius, garantindo a confiabilidade dos dados. Posteriormente, essas imagens foram combinadas e somadas para criar quatro mega imagens representativas das décadas de 80, 90, 2010 e 2020, essenciais para a análise do campo térmico.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

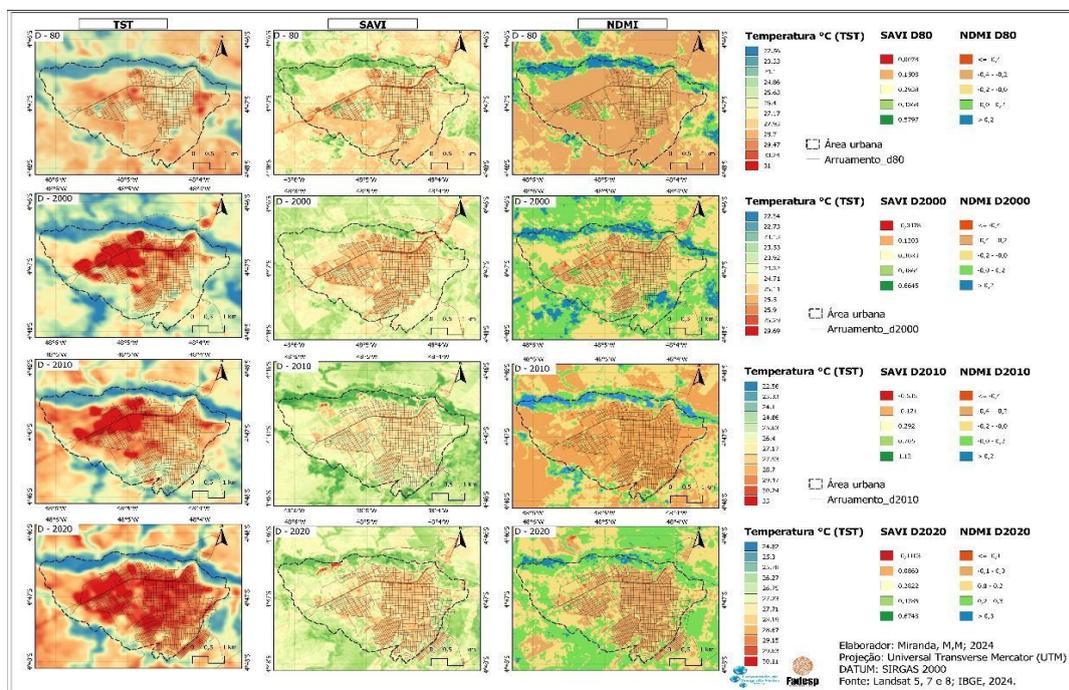
O referencial adotada ainda incluiu uma revisão bibliográfica sobre o clima urbano e a abordagem desenvolvida por Monteiro (1976), Mendonça (2003) e Amorim (2010), Oke (1982); para embasar o estudo, seguida por um levantamento geográfico detalhado da área urbana de Rondon do Pará.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O sensoriamento remoto permite verificar a temperatura dos alvos com base no uso e cobertura do solo, diagnosticando a intensidade das ilhas de calor em ambientes urbanos. Áreas comerciais tendem a ser mais quentes durante o dia, enquanto corpos d'água, vegetação e terras agrícolas são mais frescas. Áreas residenciais apresentam temperaturas intermediárias devido à composição heterogênea de casas, gramas e árvores. A figura 3, vai demonstra com a ajuda das

imagens de satélite a evolução e variabilidade térmica, hidrométrica e saúde vegetativa através das décadas de estudo na cidade de Rondon do Pará.

**Figura 3** – Mapas evolutivos da TST, SAVI e NDMI da cidade de Rondon do Pará de 1980 a 2020.



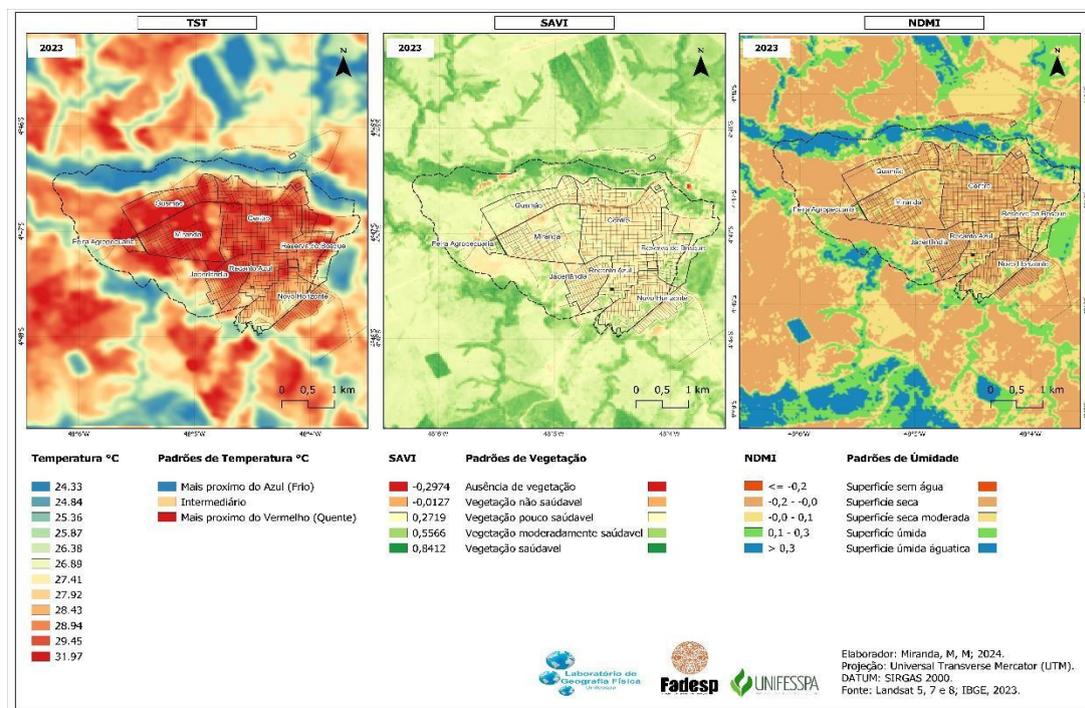
Fonte: Autor; 2024

Os resultados do monitoramento térmico histórico em Rondon do Pará indicam que mudanças nos padrões de uso do solo, influenciadas pelos materiais de construção e pela geometria urbana, causam variações na capacidade de armazenamento de calor, originando ilhas de calor. A alta taxa de desmatamento e a baixa arborização urbana também contribuem para intensificar o calor. Entre 1980 e 2020, houve um aumento significativo na temperatura da superfície 1,2 °C, com variações térmicas de até 6°C entre o pico de calor e ponto mais frio encontrados. Os mapas de temperatura mostraram que o aumento começou no centro da cidade e se expandiu para os subúrbios, que inicialmente eram áreas de extração de madeira e pequenas fazendas.

Segundo Jensen (2009), o solo coberto por vegetação perde energia através da evaporação e da evapotranspiração, transformando calor sensível em calor latente e transferindo-o para a atmosfera sem aumentar a temperatura. Assim, áreas vegetadas, mesmo com vegetação rasteira, tendem a ser mais frescas. Durante períodos de estiagem, a umidade do solo diminui, a vegetação declina, e a evaporação e evapotranspiração são reduzidas, resultando em temperaturas mais elevadas em solos expostos, bem como é visto no comportamentos dos

índices de vegetação e umidade histórico visto nos resultados do mapa acima. Abaixo um mapa do atual momento.

**Figura 4** – Mapa atual de TST, SAVI e NDMI do município de Rondon do Pará - 2023



Fonte: Autor; 2024

O adensamento urbano, conforme discutido por Monteiro (2003) e Amorim (2010), causa mudanças significativas no uso do solo, convertendo paisagens naturais em áreas edificadas e reduzindo a vegetação, impactando as temperaturas urbanas.

Em Rondon do Pará, o rápido processo de urbanização levou à diminuição das áreas verdes e à compactação das superfícies úmidas para infraestrutura urbana, resultando em problemas como a impermeabilização do solo e o surgimento das ilhas de calor, como evidenciado pela respostas espectrais do conjunto de mapas históricos produzidos no estudo.

A temperatura na cidade variou, com picos mais altos ao redor da BR-222 e em bairros como Centro, Gusmão, Miranda e Feira Agropecuária, enquanto áreas próximas à Reserva do Parque e ao longo do rio Ararandéua apresentaram temperaturas mais amenas devido à vegetação nativa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento realizado evidencia alterações significativas na zona urbana de Rondon do Pará ao longo de quatro décadas. Em 1980, a média de temperatura era de 26,6 graus, enquanto em 2020 a média relativa atingiu 27,8 graus, indicando um aumento térmico de 1,2°C. Esse acréscimo corresponde a uma média de 0,3 graus de elevação por década, sublinhando a tendência ao aquecimento na região estudada. O uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto, proporcionou insights valiosos sobre as características climáticas e urbanas. Especificamente, a relação entre a temperatura da superfície e a presença ou ausência de vegetação foi evidenciada, destacando a importância das árvores de copa larga na mitigação do calor urbano. As imagens orbitais foram fundamentais para o desenvolvimento do presente trabalho e seus resultados, permitindo compreender a variação de temperatura urbana em toda a área estudada.

As geotecnologias evoluíram significativamente, especialmente no contexto das técnicas cartográficas, como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). Esses avanços proporcionaram uma representação mais precisa e detalhada do espaço de estudo, bem como melhorias na coleta, armazenamento, análise e interpretação dos dados climáticos. Confirmou-se que a utilização de imagens de satélite é uma excelente ferramenta para análises climáticas e urbanas, fornecendo dados cruciais sobre o terreno e permitindo correlações diretas e indiretas.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto; Clima urbano, Geotecnologias.

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho está vinculado ao Projeto de Extensão "Teledetecção de temperatura de superfície em áreas urbanas: Subsídio ao plano diretor de arborização", desenvolvido no âmbito do Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional – IEDAR (Registro 07/2021), com apoio da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Educação Superior, Profissional e Tecnológica – SECTET; da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, número especial, p. 71-90, dez. 2010.

BARBOSA, Liriane G.; DORIGON, L. P. Análise temporal da cobertura vegetal no município de Teresina/PI a partir da aplicação de NDVI. In: **XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento e XXV Expositicarta**, 2014, Gramado-RS. XXVI CBC 2014, 2014. v. 26. p. 01-12.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2da Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - **INPE**. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Da necessidade de um caráter genético à classificação climática**. *Revista Geográfica*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

\_\_\_\_\_. Análise rítmica em climatologia. *Climatologia*, São Paulo:USP/Igeog, n. 1, 1971. 21 p.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. *Clima Urbano*. São Paulo: **Contexto**, 2003.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Royal Meteorological Society**, volume 108, número 455, p.01-24, 1982.