

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL NA PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO EM TRÊS LAGOAS-MS: NOVAS ÁREAS CONSTRUÍDAS

Diogo Cerdan Brito

Patrícia Helena Milani

Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

RESUMO

Com base no estudo da produção de um clima urbano, este trabalho objetiva realizar uma análise multitemporal da formação de um clima urbano, no âmbito da temperatura superficial, em Três Lagoas, com base no processo de expansão da malha urbana e da análise das características térmicas locais. A metodologia consistiu na elaboração de mapas de uso e ocupação do solo, além do uso de imagens das bandas 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo) e 10 (infravermelho termal) do satélite Landsat 8 (dos dias 27 de julho de 2013, 10 de agosto de 2018 e 23 de julho de 2023) para a elaboração de mapas termais e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Com base nas alterações do uso e ocupação do solo da cidade, foram identificadas cinco novas áreas construídas nas bordas intraurbanas de Três Lagoas ao longo do período analisado, em que houve a diminuição nos valores do NDVI, bem como o aumento da temperatura superficial em três pontos analisados.

Palavras-chave: Climatologia urbana; geotecnologias; dados meteorológicos; Três Lagoas-MS.

ABSTRACT

Based on the study of urban climate formation, this study aims to conduct a multitemporal analysis of urban climate formation in terms of surface temperature in Três Lagoas, based on the process of urban expansion and the analysis of local thermal characteristics. The methodology consisted of preparing land use and occupation maps, in addition to using images from bands 4 (red), 5 (near infrared), and 10 (thermal infrared) from the Landsat 8 satellite (from July 27, 2013, August 10, 2018, and July 23, 2023) to create thermal maps and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Based on changes in land use and occupation in the city, five new built-up areas were identified on the intra-urban edges of Três Lagoas during the period analyzed, where there was a decrease in NDVI values, as well as an increase in surface temperature at three points analyzed.

Key words: Urban climatology; geotechnologies; meteorological data; Três Lagoas-MS.

INTRODUÇÃO

Os estudos sobre clima urbano no sul global se mostram, cada vez mais, de suma importância no contexto da problemática das mudanças climáticas, expressa por meio de relatórios do

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), como em seu Sexto Relatório de Avaliação (IPCC, 2022), que aponta a América do Sul enquanto altamente exposta ao risco, vulnerável e fortemente impactada pelas mudanças climáticas.

De tal maneira, o clima urbano das cidades assume especificidades de acordo com a região em que se localizam, bem como a forma como seu espaço é produzido pela sociedade, é tido enquanto “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (Monteiro, 1976, p. 116). Assim, em uma região cujas temperaturas são elevadas ao longo de, praticamente, todo o ano, é fundamental entender a dinâmica da temperatura superficial nas diferentes áreas da cidade.

A produção do espaço em Três Lagoas, cidade situada a leste de Mato Grosso do Sul, é extensivamente horizontal e, nas últimas décadas tem ocorrido de forma acelerada, de modo a haver na cidade um significativo aumento populacional, devido ao intenso processo de industrialização, e, consequentemente, a demanda por moradias e novas áreas que atendam a tal necessidade. Em tal contexto, novas áreas da cidade têm sido construídas, modificando a superfície e deixando a indagação, no âmbito do clima urbano, sobre os seus rebatimentos.

O objetivo deste trabalho consiste, fundamentalmente, em analisar a formação de um clima urbano, no âmbito da temperatura superficial, em Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023, com base no processo de expansão da malha urbana e da análise das características térmicas locais. De maneira específica, objetivou-se: a) mostrar os vetores da expansão urbana da cidade de Três Lagoas no período delimitado. Haja vista que alguns vetores de expansão concentram populações em áreas mais vulneráveis, muitas vezes sem infraestrutura adequada, o que amplia os efeitos negativos do clima; b) averiguar as temperaturas da superfície de Três Lagoas nos anos propostos; e c) identificar o uso e ocupação do solo da superfície de Três Lagoas no recorte temporal da análise.

MATERIAL E MÉTODOS

Elaboração dos mapas de temperatura superficial

Os mapas termais utilizados na análise multitemporal da temperatura superficial do clima urbano de Três Lagoas foram elaborados no software *Arcmap 10.8.2* (bem como os demais produtos cartográficos deste trabalho), a partir de imagens de satélite adquiridas no site da instituição científica *United States Geological Survey (USGS)*, Serviço Geológico dos Estados Unidos. Sendo as imagens do satélite Landsat 8 dos anos de 2013 (27 de julho), 2018 (10 de agosto) e 2023 (23 de julho), referentes ao período de inverno da área de estudo.

A obtenção da temperatura superficial foi realizada a partir da banda 10, do infravermelho termal /TIRS 1 (*Thermal Infrared Sensor*), com resolução espectral de 10.6 – 11.19 μm , e resolução espacial de 100 metros (tratadas e disponibilizadas pela USGS com 30 metros).

Para obtenção da temperatura superficial, alguns procedimentos foram necessários no tratamento e processamento das imagens. Para isso, foi utilizada a metodologia de Dumke (2007) e

Gomide Vieira e Machado (2018), em que uma série de fórmulas são aplicadas ao raster no intuito de obter, como produto, a temperatura superficial. Os procedimentos foram sistematizados por Dumke (2007, p. 246), como consta a seguir:

- Os valores de níveis de cinza (NC) da imagem são primeiro convertidos para radiância espectral, por meio dos parâmetros de radiância calibração absoluta de pós-lançamento do sensor TM. Os valores de radiância espectral obtidos são, então, transformados em refletância aparente;
- A estimativa das temperaturas da superfície terrestre, em graus Kelvin, por radiometria, baseia-se nas Leis de Stefan-Boltzman e Lei de Plank. Com base nos valores estimados de emissividade obtém-se a temperatura da superfície mediante a inversão da equação de Plank para corpos radiadores seletivos; e,
- Gera-se a grade de temperatura da superfície mediante a transformação de graus Kelvin para graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), subtraindo os valores de T de 273,16.

A correção atmosférica foi realizada com base em parâmetros obtidos a partir da *Atmospheric Correction Parameter Calculator*, que se encontrava ativa no momento da pesquisa.

Convém destacar que todos os *rasters* foram reprojetados para SIRGAS 2000 UTM Zona 22S, e recortados, com o uso de um polígono retangular, para abranger apenas a área de estudo.

As imagens termais utilizadas foram classificadas de 2 em 2 $^{\circ}\text{C}$, em nove classes. A finalidade dessa classificação foi a possibilidade de analisar a temperatura superficial nos diferentes anos com a padronização da intensidade por meio das classes estipuladas para as temperaturas presentes nas três imagens.

Elaboração dos mapas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Os mapas de NDVI utilizados neste trabalho foram elaborados a partir de imagens do satélite *Landsat 8* dos anos de 2013 (27 de julho), 2018 (10 de agosto) e 2023 (23 de julho), obtidas em conjunto com as imagens utilizadas nos mapas termais. Para o NDVI, utilizou-se as bandas 4 e 5, as quais correspondem, respectivamente, ao vermelho ($0.64 - 0.67 \mu\text{m}$) e ao infravermelho próximo ($0.85 - 0.88 \mu\text{m}$), ambas com resolução espacial de 30m.

As imagens foram devidamente reprojetadas para SIRGAS 2000 UTM Zona 22S e recortadas de modo a abranger apenas a área de estudo. Para a obtenção do NDVI, foi aplicada a seguinte fórmula (Eq. 1), uma vez que o NDVI “é expresso como a diferença entre a banda do infravermelho próximo e vermelho normalizada pela soma das bandas” (Rosendo, 2005, p. 38):

$$\text{FLOAT} (\text{banda05} - \text{banda04}) / \text{FLOAT} (\text{banda05} + \text{banda04})$$

(Equação 1)

A fórmula do NDVI foi aplicada a cada ano utilizado na análise (2013, 2018 e 2023), obtendo o produto cartográfico essencial para a análise, visto que auxilia na compreensão das temperaturas superficiais e a distribuição e intensidade da vegetação nos espaços da cidade.

Elaboração e classificação dos mapas de uso e ocupação do solo

Para apreender as novas áreas construídas em Três Lagoas entre 2013, 2018 e 2023, foram elaborados mapas de uso e ocupação do solo para cada ano. Para isso, alguns procedimentos metodológicos foram cruciais para a classificação e identificação das mudanças ao longo dos anos.

A classificação do uso e ocupação do solo está sustentada em Lombardo (1985) e Ortiz Porangaba (2015). De tal maneira, a definição das classes levou em consideração os aspectos da cidade estudada, como a densidade construtiva (construção densa ou esparsa), áreas com pavimentação (ou sem), e a presença de vegetação (áreas sem vegetação, com vegetação densa ou esparsa).

A construção dos mapas de uso e ocupação do solo de 2013, 2018 e 2023 foi realizada com o uso de imagens de satélite (*Google Earth Pro* e CBERS 04^a) para auxiliar na identificação das classes e vetorização do uso e ocupação do solo de Três Lagoas a partir da demarcação das classes por quadras da cidade (com base em suas características).

Os produtos cartográficos decorrentes de tais procedimentos metodológicos permitiram a identificação de novas áreas construídas na área urbana de Três Lagoas ao longo do recorte temporal do trabalho. Com base nas novas áreas construídas, foi realizada a análise do clima urbano no âmbito da temperatura superficial de Três Lagoas.

Dados de precipitação e temperatura do ar

Visando compreender melhor o período em que foram tomadas as imagens de satélite utilizadas no trabalho, dados de precipitação e temperatura do ar foram utilizados para uma breve caracterização da atmosfera, levando em consideração os totais de precipitação, as mínimas, máximas e média da temperatura do ar nos 30 dias que antecederam o imageamento. Bem como a temperatura do ar no momento do imageamento, e a mínima e máxima no dia da tomada da imagem.

Os dados utilizados foram coletados pela estação automática ativa (WMO A704) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no bairro Santos Dummont na cidade.

A opção pela caracterização da atmosfera está pautada em Amorim (2019) e Ortiz Porangaba (2024), em que se trabalhou com o total de precipitação para os 10, 20 e 30 dias anteriores a tomada da termal, buscando compreender a distribuição da precipitação no período, uma vez que influi na temperatura superficial.

ÁREA DE ESTUDO: CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS LAGOAS

A cidade de Três Lagoas, como brevemente citado na Introdução, está situada na Mesorregião Leste do Estado de Mato Grosso do Sul e Microrregião de Três Lagoas de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). A população do município é de aproximadamente 132.152 pessoas, contando, também, com densidade demográfica de 12,93 habitante por quilômetro quadrado (IBGE, 2022). Na Figura 1, podemos observar a localização da área urbana de Três Lagoas em relação ao Estado de Mato Grosso do Sul e ao Brasil:

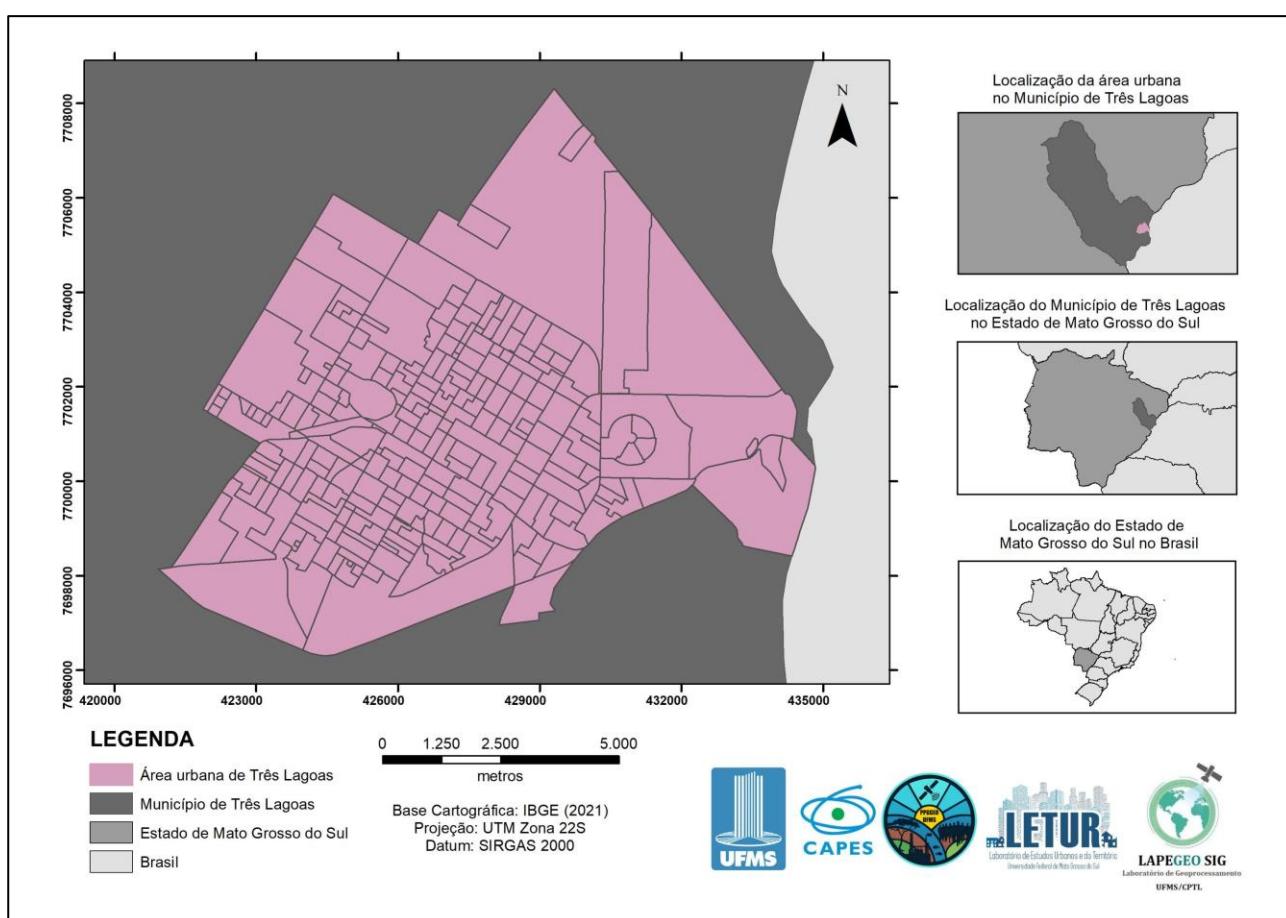


Figura 1 – Mapa de localização da área urbana de Três Lagoas – MS. Fonte: IBGE, 2022. Organização: os autores, 2024.

Três Lagoas conta com área urbanizada de aproximadamente 48,96 km² (IBGE, 2022), e de acordo com o Censo de 2010, a cidade contava com 10,8% de urbanização de vias públicas, 95,6% de arborização de vias públicas e 52,6% de esgotamento sanitário adequado.

O clima de Três Lagoas é tropical, classificado como Aw (Dubreuil *et al.*, 2018), tendo assim a incidência de um clima quente e úmido com chuvas no verão, e inverno ameno e seco. Vale ressaltar que, o período de inverno da cidade conta com episódios de frio associados a entrada de massas de ar como a Massa Polar Atlântica (mPa), sendo Três Lagoas impactada pelas elevadas temperaturas da região na maior parte do ano – inclusive em períodos do inverno.

Alguns aspectos de Três Lagoas chamam a atenção no âmbito da produção do espaço urbano da cidade, que se deu, desde 1910, em algumas etapas de crescimento e urbanização por meio de processos que trouxeram alterações e novas dinâmicas ao espaço urbano ao longo do tempo – sobretudo impulsionadas pela inserção de novas atividades econômicas, como foi trabalhado por Delcol e Milani (2022).

Compreendemos a produção do espaço urbano de acordo com Corrêa (1989) e Carlos (1994), que deve ser entendida como um processo dinâmico e contraditório, resultado da ação de diferentes agentes sociais — como o Estado, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários, as empresas e a própria população. Corrêa (1989) enfatiza a dimensão histórica e social da produção do espaço, marcada por disputas e pela materialização das relações de poder, enquanto Carlos (1994) ressalta a dialética entre espaço e sociedade, mostrando que o urbano não é apenas reflexo da economia, mas também um elemento ativo que condiciona práticas sociais e modos de vida. Nesse sentido, a cidade é constantemente (re)produzida, expressando tanto a lógica do capital e da mercantilização quanto os usos, apropriações e resistências dos sujeitos que nela habitam.

Quando relacionamos a produção do espaço urbano discutida pelos autores com o clima urbano, percebemos que as formas de apropriação e transformação da cidade geram vivências desiguais das condições climáticas. A lógica da produção do espaço, marcada pela atuação de agentes como o mercado imobiliário e o Estado, direciona grupos sociais para áreas distintas: bairros centrais, com infraestrutura, arborização e serviços, tendem a oferecer maior conforto térmico; enquanto periferias e assentamentos precários, muitas vezes carentes de áreas verdes e expostos a materiais de construção de baixa qualidade, intensificam os efeitos do clima. Assim, o espaço urbano, produzido de forma desigual, condiciona como diferentes grupos sociais experimentam o clima — revelando que as mudanças e adversidades climáticas não afetam todos de forma homogênea, mas atravessam e reforçam as desigualdades já existentes na cidade.

Do ponto de vista espaço-temporal, desde a implantação da Ferrovia Noroeste do Brasil (NOB), passando pelo início da construção da Usina Hidrelétrica de Jupiá em 1964 e pelos incentivos à industrialização (Delcol; Milani, 2022), o espaço urbano de Três Lagoas passou por transformações significativas. A partir da década de 1990, e de forma mais intensa nos anos 2000, a cidade vivenciou um rápido crescimento populacional que resultou na ampliação da malha urbana, tanto pela demanda por novas moradias quanto pela atuação dos diferentes agentes produtores do espaço. Nesse sentido, Três Lagoas teve sua formação socioespacial e econômica muito atrelada a dinâmica da pecuária presente na região. No entanto, “a atividade pecuária vem sendo substituída pelo monocultivo de eucalipto, matéria-prima que abastece duas indústrias de papel e celulose no município”, como aponta Milani (2012, p. 49). Assim, nas últimas décadas a cidade vivenciou um significativo aumento populacional, relacionado ao processo de industrialização que foi propulsorado pelas empresas do setor de papel e celulose (Delcol; Milani, 2022).

Em pouco mais de uma década, entre os censos de 2010 e 2022, foi observado um aumento populacional de 101.791 (IBGE, 2012) para 132.152 pessoas (IBGE, 2022), sendo assim, de aproximadamente 30.361 pessoas. O crescimento populacional trouxe para a cidade, além de novos habitantes, a necessidade de implementação de moradias e infraestruturas que atendam a nova demanda.

De tal modo, surgiram na cidade, dentre outras, novas áreas construídas para atender o crescimento populacional – tanto moradias populares, como conjunto habitacionais, quanto espaços residenciais fechados, atendendo também demandas do mercado imobiliário. Assim, o movimento de expansão da cidade trouxe a inquietação de investigar os rebatimentos que as alterações no uso e ocupação do solo podem trazer para o clima urbano da cidade, a partir do momento que a superfície é alterada e transformada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contextualização da atmosfera nos períodos do imageamento

O período anterior à tomada das imagens de satélite utilizadas na elaboração dos mapas termais e de NDVI, foi caracterizado enquanto parte dos resultados, uma vez que auxilia na discussão sobre a temperatura superficial nas novas áreas construídas de Três Lagoas, apreendidas por meio das alterações no uso e ocupação do solo, permitindo um melhor desdobramento dos objetivos delimitados nesse trabalho. De tal modo, na Tabela 1 constam as temperaturas mínima e máxima dos 30 dias antecedentes ao imageamento, bem como a temperatura média do período, para cada ano.

Ano	Média dos 30 dias	Mínima dos 30 dias	Máxima dos 30 dias
2013	20,6 °C	3,9 °C	32,7 °C
2018	21,7 °C	7,6 °C	34,6 °C
2023	21,7 °C	7 °C	34,1 °C

Tabela 1 – Dados de temperatura do ar dos 30 dias antecedentes ao imageamento. Fonte: Estação automática WMO A704 do INMET, 2013; 2018; 2023. Organização: os autores, 2024.

É possível observar uma proximidade dos valores da temperatura média apreendida para os anos de 2013, 2018 e 2023 nos 30 dias anteriores à tomada das imagens de satélite, sendo de 20,6 °C em 2013, e 21,7 °C em 2018 e 2023. Quanto a mínima do período, a maior diferença esteve em 2013, onde a temperatura chegou a 3,9 °C no dia 25 de julho, às 06 horas da manhã, enquanto em 2018 a mínima foi de 7,6 °C e em 2023 de 7 °C. Já a temperatura máxima do ar foi de 32,7 °C em 2013, tendo a maior variação aos anos de 2018 e 2023, que foram tiveram temperaturas máximas de, respectivamente, 34,6 e 34,1 °C.

Convém destacar que, em 2023, a partir de junho, houve a ocorrência do fenômeno climático El Niño, implicando em temperaturas acima da média histórica nacional entre julho e outubro (INMET, 2024).

Em relação a ocorrência de precipitação nos 30 dias antecedentes ao imageamento, foi elaborada a Tabela 2, com base em Amorim (2019) e Ortiz Porangaba (2024), em que são utilizados os dados de precipitação total de 10, 20 e 30 dias antes do imageamento das imagens de satélite.

Data	Precipitação total	Precipitação total	Precipitação total
	(mm) 10 dias antes	(mm) 20 dias antes	(mm) 30 dias antes
27/07/2013	3,8	3,8	28
10/08/2018	17,8	17,8	17,8
23/07/2023	3,4	3,4	3,6

Tabela 2 – Dados de precipitação até 30 dias antes do imageamento. Fonte: Estação automática WMO A704 do INMET, 2013; 2018; 2023. Organização: os autores, 2024.

Pode-se observar que nos 30 dias anteriores ao imageamento, o total de precipitação em 2013 foi de 28 mm, enquanto em 2018 foi de 17,8 mm, e em 2023 de 3,6 mm. Já nos 20 dias antecedentes a tomada da imagem de satélite, o total de precipitação foi de 3,8 mm em 2013, 17,8 mm em 2018 e 3,4 mm em 2023. E então, nos 10 dias anteriores ao imageamento, houve precipitação de 3,8 mm em 2013, 17,8 mm em 2018 e 3,4 mm em 2023. De tal maneira, é possível perceber que o total de precipitação de 2018 esteve concentrado nos 10 dias anteriores a tomada da imagem, assim como os 3,4 mm de precipitação que ocorreram em 2023. Já para o ano de 2013, a maior incidência de precipitação ocorreu nos 30 dias antecedentes a tomada da imagem de satélite, sendo o total nos 10 dias antecedentes relativamente menor, com valores de 3,8 mm.

Os dados de temperatura do ar no dia da tomada das imagens de satélite utilizadas na análise, constam na Tabela 3, como pode ser observado a seguir:

Datas	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura do ar na
	do ar	do ar	hora do imageamento
27/07/2013	26,8 °C	10,5 °C	17,4 °C
10/08/2018	23,5 °C	8,1 °C	15,1 °C
23/07/2023	32,6 °C	18,3 °C	24,3 °C

Tabela 3 – Dados da temperatura do ar no dia do imageamento. Fonte: Estação automática WMO A704 do INMET, 2013; 2018; 2023. Organização: os autores, 2024.

A temperatura máxima do ar em 2013 foi referente a 26,8 °C, sendo mais elevada que a de 2018, de 23,5 °C, no entanto, a mais elevada foi a do ano de 2023, que atingiu 32,6 °C. Já a temperatura mínima do ar em 2013 foi de 10,5 °C, sendo, novamente, mais elevada que a de 2018,

marcada por 8,1 °C, no entanto, ambas foram mais amenas em relação a temperatura de 18,3 °C observada em 2023. A temperatura do ar na hora do imageamento foi de 17,4 °C em 2013, 15,1 °C em 2018 e, 24,3 °C em 2023, sendo relativamente mais elevada que os anos de 2013 e 2018, assim como na máxima e mínima.

De tal modo, a partir das tabelas expostas acima, foi possível observar que 2023 apresentou temperaturas mais elevadas, bem como foi o ano com menor incidência de precipitação. Já 2013 apresentou temperaturas mais elevadas do que 2018, enquanto no âmbito da precipitação, 2013 teve um total de precipitação mais elevado nos 30 dias que antecederam a imagem (28 mm em 2013 e 17,8 mm em 2018), enquanto 2018 apresentou um total de precipitação mais elevado nos 10 dias anteriores ao imageamento (3,8 mm em 2013 e 17,8 mm em 2018), o que pode ter influenciado na dinâmica da temperatura superficial.

Análise multitemporal da produção do clima urbano em Três Lagoas: temperatura superficial em novas áreas construídas

O clima urbano é um sistema aberto que tem como núcleo o próprio espaço urbanizado, “(...) que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere” (Monteiro, 1976, p. 117). Assim, a formação de um clima urbano leva em consideração o espaço urbanizado da cidade, ou seja, as áreas que sofrem alterações pela sociedade em seu movimento de construção, e o clima regional que incide sobre esse espaço.

Em um contexto de mudanças climáticas e aquecimento global, o clima urbano se mostra enquanto de suma importância na identificação de problemáticas ao nível local, na cidade, em outras palavras, como aponta Dubreuil (*apud* Amorim, 2017, p. 17):

(...) o clima urbano levanta a questão de impactos concretos e sensíveis de um fenômeno global, em nível local. Portanto, é necessário compreender os mecanismos do clima local, a fim de avaliar os efeitos futuros do aquecimento global na cidade e iniciar processos de adaptação.

Na área de estudo, cinco pontos foram delimitados para a análise, em que foram apreendidas novas áreas construídas na área urbana. O ponto 1, é referente ao bairro Montanini, localizado na porção noroeste da área urbana de Três Lagoas. O ponto 2 está localizado no bairro Alto da Boa Vista, a oeste da área urbana. A oeste localiza-se também o ponto 3, referente a área em que foram implantados os conjuntos habitacionais Novo Oeste e Orestinho em 2013 e 2016. O ponto 4, localizado na porção sul da cidade, é referente ao bairro Real Park. E o ponto 5, a leste da área urbana, é onde localiza-se o Residencial Bosque das Araras. A Figura 2, é referente a delimitação das novas áreas construídas, todas localizadas nas bordas intraurbanas da cidade, com características similares de uso e ocupação do solo.

A partir da Figura 3, é possível observar a mudança das classes ao longo dos três anos analisados, com a transformação de áreas em que posteriormente encontravam-se classes de vegetação baixa (pastagem), e que passaram a ser compostas por áreas de moradias, com construções esparsas, pavimentada e com vegetação esparsa/densa.

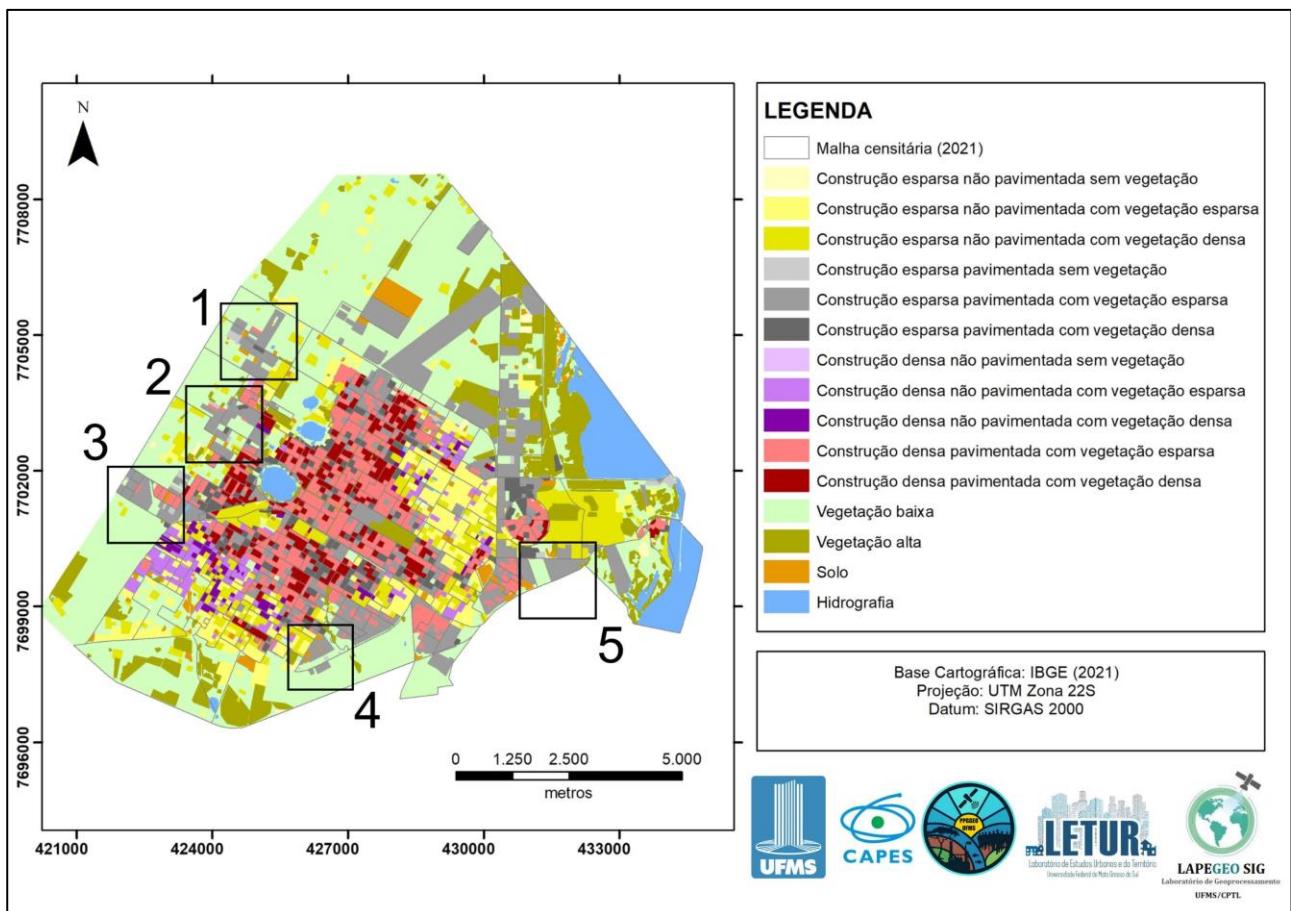


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo, 2023 – pontos de análise das novas áreas construídas. Fonte: os autores, 2024. Elaboração: os autores, 2024.

É interessante ressaltar que os pontos analisados indicam as áreas de expansão da cidade, onde surgem novos bairros e áreas de moradia. Assim, são áreas em que a superfície tem sido modificada pela sociedade em seu movimento de produção do espaço. Neste sentido, ao modificar o uso e ocupação do solo de uma área, sua superfície é modificada, culminando em uma nova interação com a radiação solar que ali incide, podendo alterar, assim, a dinâmica da temperatura superficial daquele espaço, uma vez que:

O fato mais importante a relembrar é aquele que o organismo urbano, do ponto de vista da radiação, constitui a própria superfície terrestre no contexto do S.C.U. Todo esse organismo, através das diferentes formas de uso do solo e estrutura urbana, é que passa a exercer os efeitos decisivos de reflexão, absorção e armazenamento térmico; efeitos de atrito na ventilação etc. (Monteiro, 1976, p. 120).

A temperatura superficial das novas áreas construídas entre 2013, 2018 e 2023 está exposta na Figura 4, como pode ser observado abaixo.

Convém destacar que o entorno rural de Três Lagoas caracteriza um clima urbano com particularidades associadas à presença de pastagem e solo exposto. De tal maneira, no período de inverno, em que predomina uma vegetação mais seca, fica evidente, a partir da temperatura superficial, a concentração de calor nessas áreas.

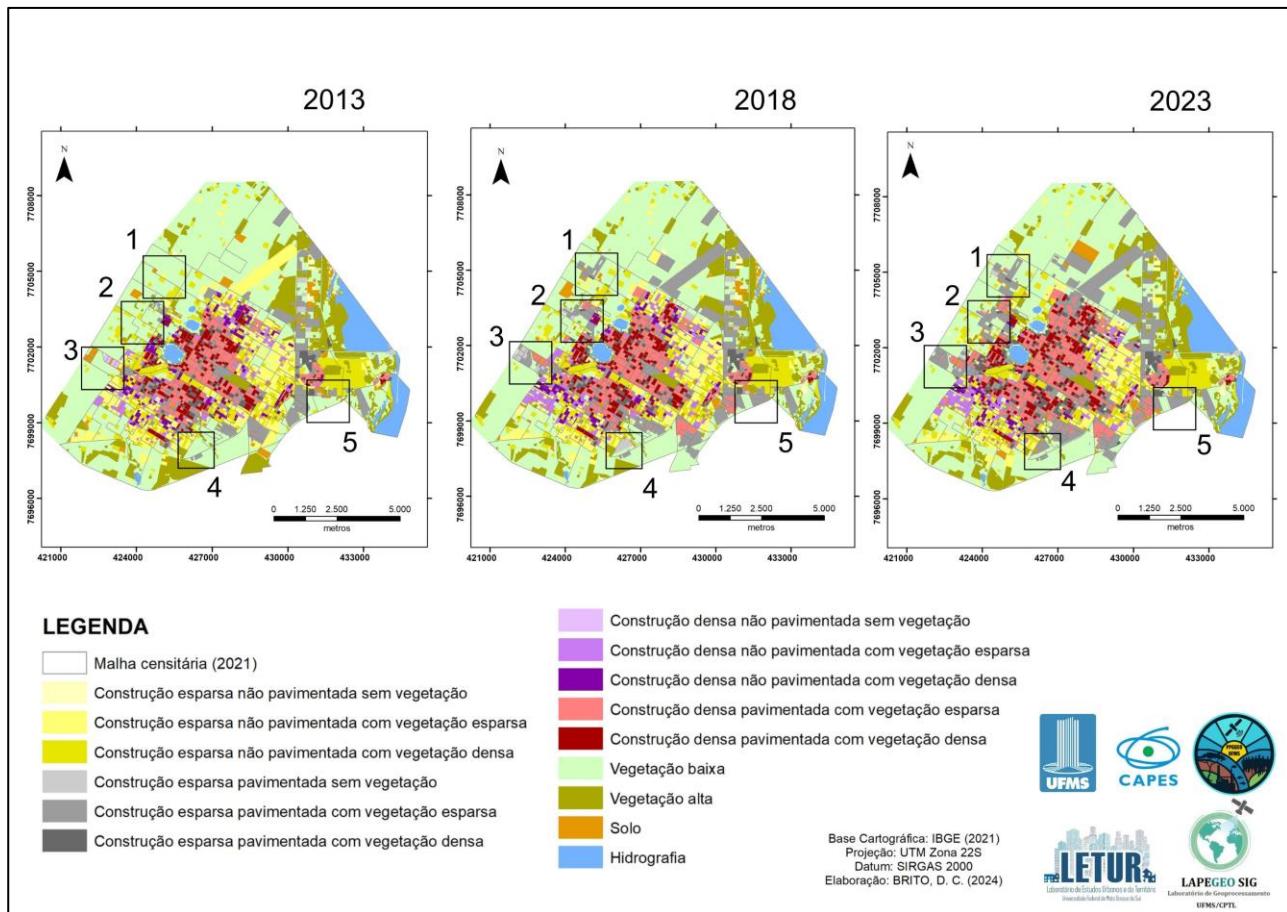


Figura 3 – Mapas de uso e ocupação do solo de 2013, 2018 e 2023. Fonte: os autores, 2024. Elaboração: os autores, 2024.

Como visto na Figura 4, a temperatura superficial no ponto 1 variou entre 29,1 e 31°C em 2013 e 2018, enquanto em 2023, variou entre 31,1 e 33 °C. Já no ponto 2, a temperatura superficial variou entre 27,1 e 29 °C em 2013, enquanto em 2018 e 2023, variou entre 29,1 e 31 °C. No ponto 3 houve uma variação entre 29,1 e 31 °C em 2013 e 2018, e em 2023 variou entre 31,1 e 33 °C. Já no ponto 4, a temperatura superficial variou entre 33,1 e 35 °C em 2013, entre 29,1 e 31 °C em 2018, e entre 33,1 e 35 °C em 2023, sendo, das novas áreas construídas, a que apresentou temperatura superficial mais elevada em 2013 e 2023. Enquanto o ponto 5 teve a temperatura da superfície variando entre 29,1 e 31 °C em 2013 e 2018, e entre 31,1 e 33 °C em 2023.

Destarte, para melhor compreender a dinâmica da temperatura superficial da cidade, é pertinente levar em consideração a presença de vegetação nas áreas, visto que sua presença pode amenizar as temperaturas superficiais. A partir disso, a Figura 5 abrange o NDVI dos pontos de análise, como pode ser observado mais abaixo.

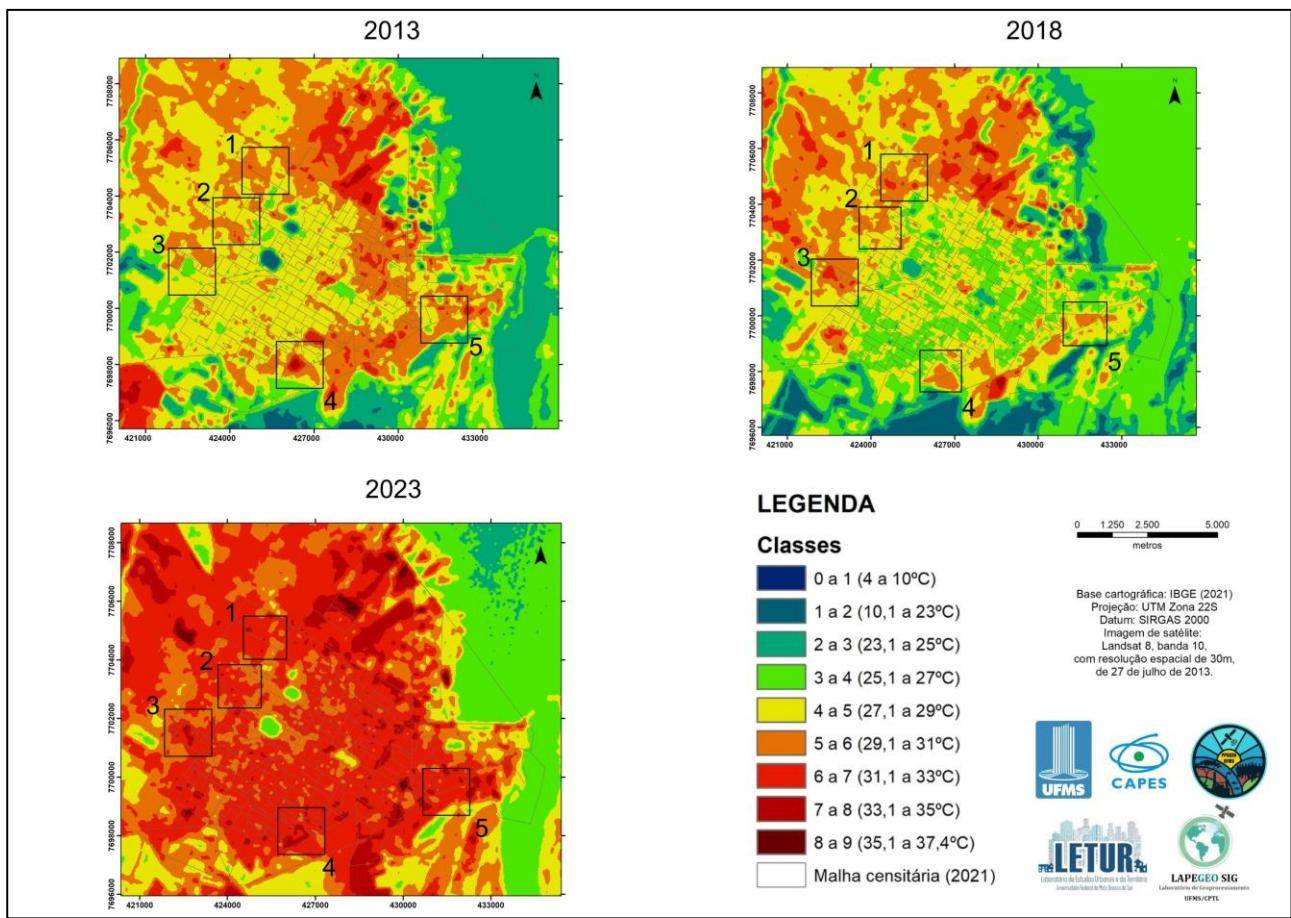


Figura 4 – Mapas de temperatura superficial de 2013, 2018 e 2023. Fonte: os autores, 2024. Elaboração: os autores, 2024.

O NDVI apreendido para 2013 variou entre os valores de -0,20 e 0,51. Em 2018, os valores do NDVI tiveram variação entre -0,19 e 0,49. E em 2023 a variação dos valores do NDVI foram entre 0,22 e 0,52. De tal maneira, os valores observados nos três anos da análise estiveram próximos. No entanto, a partir da Figura 4, é visível a diferença em sua espacialidade, sendo possível observar, nas áreas construídas, o NDVI tons de verde mais presentes em 2013 e 2018.

Convém destacar o papel fundamental do NDVI nos estudos de clima urbano (Ortiz Porangaba, 2015), pois ele possibilita analisar as mudanças na vegetação de uma determinada área ao longo do tempo, seja em comparações entre diferentes anos, seja entre distintas estações do ano (Ribeiro, 2012).

De tal modo, o NDVI no ponto 1, em 2013 foi de aproximadamente 0,18 para 0,07 em 2018, e se manteve em 0,07 em 2023. No ponto 2, em 2013 o NDVI era de 0,28, enquanto em 2018 e 2023 esteve em 0,08. O ponto 3 teve NDVI de 0,07 em 2013, 0,06 em 2018 e 0,10 em 2023. Já no ponto 4, em 2013 o NDVI foi de 0,18, enquanto em 2018 foi de 0,09 e, então, em 2023 o valor foi de 0,12. O NDVI do ponto 5, em 2013, foi de 0,18, e em 2018 e 2023, foi para 0,07. De tal modo, os valores de NDVI das novas áreas construídas, de maneira geral, em 2023, foram baixos, o que é de se esperar ao levar em consideração a modificação da superfície nessas áreas.

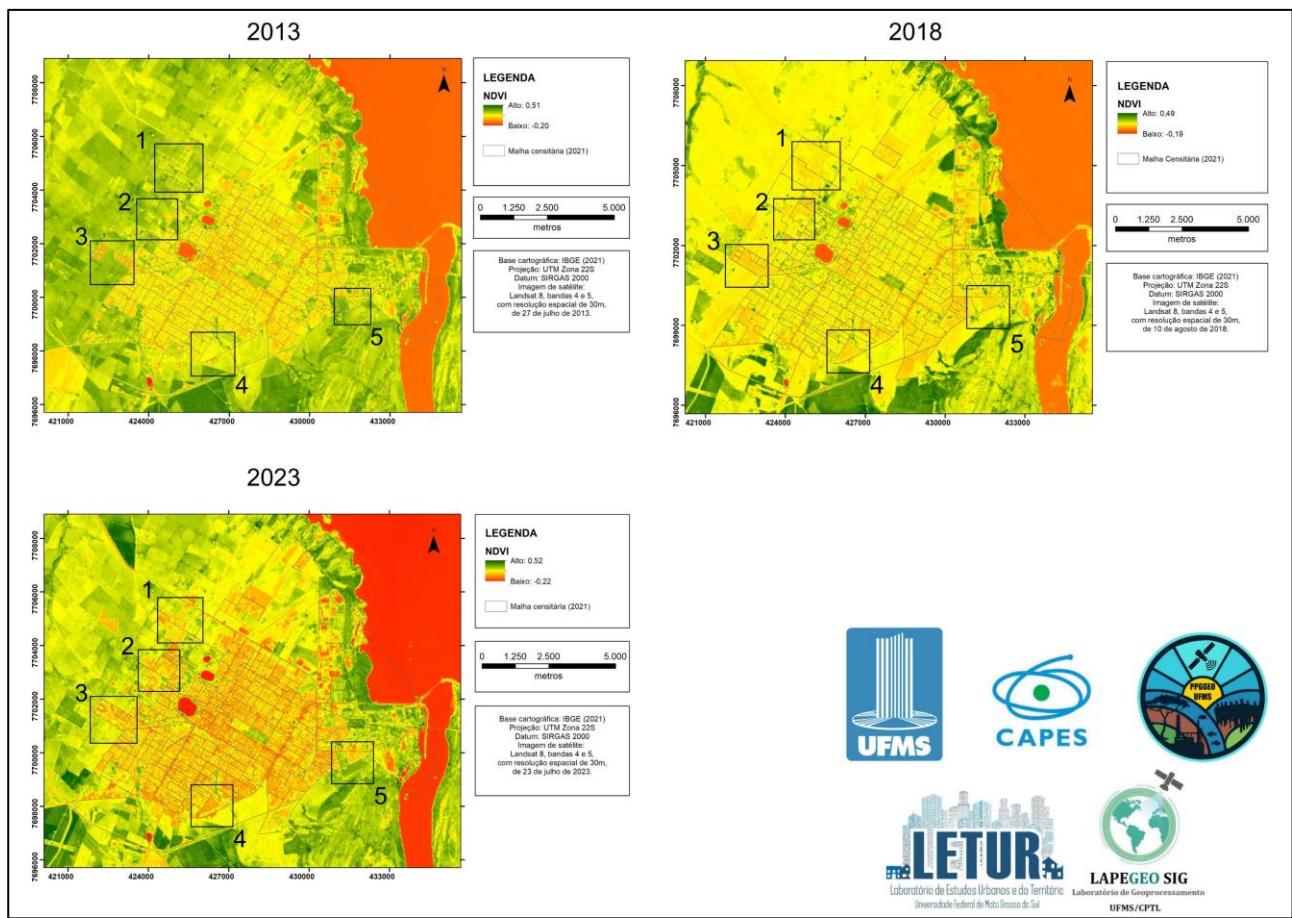


Figura 5 – Mapas de NDVI de 2013, 2018 e 2023. Fonte: os autores, 2024. Elaboração: os autores, 2024.

Além disso, os pontos 1, 3 e 5 apresentaram um aumento na temperatura superficial entre 2013 e 2023. Notou-se também que, em grande parte dos pontos, ao passo que houve um acréscimo na temperatura superficial, houve também a queda no valor do NDVI.

O ponto 2, no entanto, apresentou um aumento da temperatura superficial entre 2013 e 2018, e se manteve na mesma classe entre 2018 e 2023. Assim como no ponto 4, a classe de temperatura superficial se manteve a mesma entre 2013 e 2023, com uma amenização no ano de 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi possível, por meio do mapeamento do uso e ocupação do solo, identificar cinco novas áreas construídas que surgiram no espaço da cidade de Três Lagoas entre os anos de 2013, 2018 e 2023. Além disso, apreender e analisar o clima urbano da cidade, no âmbito da temperatura superficial dessas áreas ao longo do recorte temporal delimitado. Assim, para auxiliar na análise dos espaços, foi utilizado o NDVI, indicando características da vegetação presente nas áreas analisadas.

Os resultados apontaram para o surgimento de cinco novas áreas construídas nas bordas intraurbanas da cidade, que previamente eram classes de vegetação baixa, sendo alteradas ao longo dos anos para classes de construção esparsa, pavimentada, e com presença de vegetação esparsa/densa. A temperatura superficial nos pontos 1, 3 e 5 apresentou um aumento entre os anos de 2013 e 2023, enquanto no ponto 2 houve um aumento entre 2013 e 2018, mantendo o mesmo valor em 2023, e no ponto 4 havendo uma amenização em 2018, mas com a temperatura superficial se mantendo a mesma entre 2013 e 2023. O NDVI, de maneira geral, diminuiu ao longo dos anos nos pontos analisados, uma vez que foram áreas cuja superfície foi alterada.

Com base nos resultados gerados e obtidos, é pertinente indicar a necessidade de que seja inserida no espaço da cidade mais vegetação alta e densa, levando em consideração as elevadas temperaturas que incidem na região ao longo de, praticamente, todo o ano e a importância da vegetação para a amenização das temperaturas no espaço urbano.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil e com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo n. 422686/2021-2 da chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 – UNIVERSAL. Este projeto teve apoio financeiro da Fundect, TO número 164/2024, Chamada Especial Fundect/CNPq 15/2024 - Bolsas de Produtividade.

Submetido em 19 de janeiro de 2023.

Aceito para publicação em 8 de setembro de 2025

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. **Teoria e método para o estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte.** Tese (Livre-Docência). Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2017.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor superficiais: frequência da intensidade e variabilidade espacial em cidade de clima tropical continental. **Geo UERJ**, n. 34, p. e40959, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40959>>

CARLOS, Ana Fani A. **A (re)produção do espaço urbano.** São Paulo: Edusp, 1994.

DELCOL, R. F. R.; MILANI, P. H. A produção do espaço urbano em Três Lagoas – MS com base na dinâmica demográfica. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 31, n. 2, p. 87-106, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.5433/2447-1747.2022v31n2p87>>

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins** (Revista franco-brasileira de geografia), n. 37, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.4000/confins.15738>>

DUMKE, E. M. S. **Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba.** 2007. 417 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.

GOMIDE VIEIRA, M.; MACHADO, G. Geotecnologias e ilhas de calor urbanas: uma aplicação a Uberlândia – MG. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 4, n. 3, p. 137–159, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.5433/got.2018.v4.36161>>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

_____. **Censo Brasileiro de 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos anuais.** s/d. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso em: 02 de setembro de 2023.

_____. **El Niño: saiba como foi a atuação do fenômeno no Brasil.** Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, 25 abr. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-saiba-como-foi-a-atua%C3%A7%C3%A3o-do-fen%C3%B4meno-no-brasil> Acesso em: 08 jan. 2025.

IPCC – Painel Intergovernamental on Climate Change. **Sexto Relatório de Avaliação do Intergovernmental Panel on Climate Change**, 2022. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 10 jan. 2025.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MILANI, P. H. **Dinâmica territorial da rede urbana na mesorregião leste de Mato Grosso do Sul**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2012.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (org.). **Clima Urbano**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2011, p. 9-68.

ORTIZ PORANGABA, G. F. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã**. 2015. xix, 354 f. Tese (doutorado). Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015.

_____. Análise do NDVI e da temperatura superficial em Três Lagoas (MS), no período de 2013 a 2023. In: AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. (org.). **Cidades, clima e vegetação: modelagem e políticas públicas ambientais**. Porto Alegre: TotalBooks, 2024, p. 59-71. Disponível em: <https://totalbooks.com.br/cidades-clima-e-vegetacao>. Acesso em: 09 jan. 2025.

RIBEIRO, E.A.W. **Operações aritméticas com o Spring para o estudo da vegetação**. Presidente Prudente: Azimute, v.1, 2012.

ROSENDO, J. S. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia). Uberlândia: Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Uberlândia, 2005.