



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DIOGO CERDAN BRITO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL NA
PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO EM TRÊS LAGOAS-MS**

TRÊS LAGOAS, MS

2025

DIOGO CERDAN BRITO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL NA
PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO EM TRÊS LAGOAS-MS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia do Campus de Três Lagoas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Profa. Dra. Patrícia Helena Milani.

Coorientação: Profa. Dra. Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba.

TRÊS LAGOAS, MS

2025

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIOGO CERDAN BRITO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL NA
PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO EM TRÊS LAGOAS-MS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia do Campus de Três Lagoas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Profa. Dra. Patrícia Helena Milani.
Coorientação: Profa. Dra. Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba.

Resultado: APROVADO

Três Lagoas, MS, 26 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Patricia Helena Milani

UFMS/CPTL

Profa. Dra. Rafaela Fabiana Ribeiro Delcol

UFMS/CPTL

Profa. Dra. Danielle Cardozo Frasca Teixeira

UNESP/FCT

TRÊS LAGOAS, MS

2025

DEDICATÓRIA

A minha família, professores e amigos que me apoiaram e incentivaram ao longo desse percurso.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas e todos trabalhadores e trabalhadoras que contribuem para o ensino público no país e, desde a graduação têm me acolhido.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Campus de Três Lagoas, por todos ensinamentos, contribuições e oportunidades em meu processo de formação.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de estudos, imprescindível para a realização dessa pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo n. 422686/2021-2 da chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 – UNIVERSAL.

As orientadoras Patricia Helena Milani e Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba, pelas orientações, ensinamentos, conversas e dedicação. Vocês foram fundamentais em minha trajetória e sou eternamente grato por estarem ao meu lado durante esse processo.

As professoras Rafaela Fabiana Ribeiro Delcol e Danielle Cardozo Frasca Teixeira por terem aceitado fazer parte da banca examinadora desse trabalho e pelas contribuições com seus apontamentos e observações.

Aos professores da Pós-Graduação e da Graduação pela dedicação ao ensino público, comprometimento e ensinamentos durante esse percurso.

A minha família por todo o apoio ao longo dessa caminhada, vocês dão sentido a tudo isso e são a minha base. Sou imensamente agradecido pelas conversas, pelo acolhimento, por sempre respeitarem minhas escolhas e decisões e, acima de tudo, me apoiarem nos momentos mais difíceis. Sou muito grato por ter vocês em minha vida e espero um dia conseguir retribuir tudo que já fizeram por mim ao longo dos anos.

Aos amigos do Laboratório de Geoprocessamento (LAPEGEO SIG/FINEP) e Laboratório de Estudos Urbanos e do Território (LETUR) pelas conversas, ajudas, contribuições e memórias criadas durante essa jornada.

Aos técnicos dos laboratórios pelas conversas, ensinamentos e ajudas com dúvidas nos momentos de desafio da pesquisa, sou grato pela participação de vocês em minha trajetória.

Aos membros e companheiros de chapa da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, pelas contribuições em minha formação enquanto geógrafo, pelos debates durante as reuniões da diretoria e, pela atuação crítica frente as adversidades.

Aos companheiros editores da Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, pelos ensinamentos e comprometimento com a produção da ciência geográfica.

A coordenação e membros do Projeto de Cartografia e Geoprocessamento aplicado à Vigilância em Saúde, pelas oportunidades de aprender e contribuir para a realidade local.

Aos meus amigos, desde os mais antigos aos que tive o prazer de conhecer nesse trajeto, que estiveram comigo nos melhores e piores momentos, vocês me permitiram fazer parte da vida de vocês e me proporcionaram memórias que sempre carregarei comigo. Sou grato pela amizade e companheirismo de vocês e agradeço por tudo que pudemos viver até aqui (e claro, espero que venham novas memórias, sempre).

E a todos que contribuíram ao longo do percurso de construção e conclusão dessa pesquisa, o meu mais sincero obrigado.

EPÍGRAFE

*“Um passo à frente e você não está mais no
mesmo lugar”.*

Chico Science

RESUMO

O estudo multitemporal do clima urbano, focado na temperatura superficial, realizado nessa pesquisa, pressupõe a articulação entre a produção do espaço urbano e a produção de um clima urbano no recorte de pesquisa. O objetivo deste trabalho é analisar a formação de um clima urbano em Três Lagoas-MS nos anos de 2013, 2018 e 2023, com base no processo de expansão da malha urbana e da análise das características térmicas locais. Para isso foi necessário abordar e analisar a expansão urbana da cidade no recorte temporal da análise; averiguar as temperaturas superficiais em nosso recorte espaço-temporal; identificar o uso e ocupação do solo no período e espaço propostos; e identificar se há uma relação entre a expansão urbana e alterações do clima urbano local. A metodologia do trabalho está embasada na proposta teórico-metodológica do Sistema Clima Urbano (SCU), de Monteiro (1976). Assim, foi realizada a elaboração de mapas temais, do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), de uso e ocupação do solo, de hipsometria, de declividade e orientação das vertentes para caracterização dos aspectos urbanos e geocológicos da área de estudo, e posterior análise. A análise dos dados obtidos foi realizada de maneira multitemporal em dois âmbitos: a partir das novas áreas construídas decorrentes da expansão urbana no processo de produção do espaço, em cinco pontos de análise; e a partir das áreas em que se formaram ilhas de calor superficiais na área urbana de Três Lagoas no ano de 2023, identificando a intensidade das ilhas, em quatro pontos de análise. Foi observado na maioria dos pontos de análise das novas áreas construídas um aumento na temperatura superficial entre 2013 e 2023, com exceção de um ponto, e também que, conforme houve o aumento na temperatura superficial, ocorreu a queda do NDVI. Em relação às áreas em que ocorreram ilhas de calor superficiais em 2023, notou-se a predominância das mais elevadas temperaturas superficiais em áreas de vegetação baixa e/ou solo exposto, nas bordas da área urbana, tendo a intensidade das ilhas de calor superficiais nos pontos de análise variado entre 10 a 10,4 °C em relação a área de vegetação densa utilizada como parâmetro comparativo. Por fim, é de suma importância, ao pensar o clima urbano de uma cidade, levar em consideração a forma desigual como ele é vivenciado pelas diferentes classes sociais que compõem a cidade, bem como suas desiguais possibilidades de lidar com as temperaturas que incidem sobre o espaço urbanizado.

Palavras-chave: Clima Urbano; Espaço Urbano; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; Três Lagoas-MS.

ABSTRACT

The multi-temporal study of urban climate, focused on surface temperature, carried out in this research, presupposes the articulation between the production of urban space and the production of an urban climate in the research area. The aim of this work is to analyze the formation of an urban climate in Três Lagoas-MS in the years 2013, 2018 and 2023, based on the process of expansion of the urban network and the analysis of local thermal characteristics. To this end, it was necessary to address and analyze the urban expansion of the city in the time frame of the analysis; to ascertain the surface temperatures in our space-time frame; to identify the use and occupation of the land in the proposed period and space; and to identify whether there is a relationship between urban expansion and changes in the local urban climate. The methodology of the work is based on the theoretical-methodological proposal of the Urban Climate System (UCS) by Monteiro (1976). Thermal maps, maps of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), land use and occupation, hypsometry, declivity and slope orientation were drawn up to characterize the urban and geocological aspects of the study area, and then analyzed. The data obtained was analyzed on a multi-temporal basis in two areas: from the new built-up areas resulting from urban expansion in the process of producing space, at five points of analysis; and from the areas in which surface heat islands formed in the urban area of Três Lagoas in the year 2023, identifying the intensity of the islands, at four points of analysis. Most of the points analyzed in the new built-up areas showed an increase in surface temperature between 2013 and 2023, with the exception of one point, and also that as the surface temperature increased, the NDVI fell. With regard to the areas where surface heat islands occurred in 2023, the highest surface temperatures predominated in areas of low vegetation and/or exposed soil, on the edges of the urban area, with the intensity of the surface heat islands at the analysis points varying between 10 and 10,4 °C in relation to the area of dense vegetation used as a comparative parameter. Finally, when thinking about the urban climate of a city, it is extremely important to take into account the unequal way in which it is experienced by the different social classes that make up the city, as well as their unequal possibilities for dealing with the temperatures that affect the urbanized space.

Key-words: Urban Climate; Urban Space; Remote Sensing; Geoprocessing; Três Lagoas-MS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem de satélite de 2013 obtida por meio do Google Earth Pro.	25
Figura 2: Imagem de satélite de 2018 obtida por meio do Google Earth Pro.	26
Figura 3: Composição colorida fusionada com a pancromática do satélite CBERS 04A de 2023.	27
Figura 4: Mapa de localização da área urbana de Três Lagoas.	39
Figura 5: Mapa de hipsometria da área urbana de Três Lagoas.	44
Figura 6: Mapa de declividade (%) da área urbana de Três Lagoas.	45
Figura 7: Mapa de orientação de vertentes da área urbana de Três Lagoas.	46
Figura 8: Mapa de uso e ocupação do solo de Três Lagoas em 2013.	48
Figura 9: Mapa de uso e ocupação do solo de Três Lagoas em 2018.	49
Figura 10: Mapa de uso e ocupação do solo de Três Lagoas em 2023.	50
Figura 11: Prancha das novas áreas construídas de 2023.	82
Figura 12: Prancha das temperaturas superficiais nas novas áreas construídas de 2023.	84
Figura 13: Prancha do NDVI nas novas áreas construídas de 2023.	86
Figura 14: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 1 ...	87
Figura 15: Mudanças no ponto 1 (2008-2023)	89
Figura 16: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 2 ...	90
Figura 17: Mudanças no ponto 2 (2013-2023)	91
Figura 18: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 3 ...	93
Figura 19: Mudanças no ponto 3 (2010-2023)	94
Figura 20: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 4 ...	95
Figura 21: Mudanças no ponto 4 (2013-2023)	96
Figura 22: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 5 ...	97
Figura 23: Mudanças no ponto 5 (2013-2023)	98
Figura 24: Área utilizada como parâmetro para análise da intensidade das ilhas de calor superficiais.	100
Figura 25: Prancha das temperaturas superficiais de 2013, 2018 e 2023 para os pontos de análise.	102
Figura 26: Prancha do Uso e ocupação do solo de 2013, 2018 e 2023 para os pontos de análise.	104
Figura 27: Prancha do NDVI de 2013, 2018 e 2023 para os pontos de análise.	106
Figura 28: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 1.	107

Figura 29: Mudanças no ponto 1 (2013-2023)	108
Figura 30: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 2 .	110
Figura 31: Mudanças no ponto 2 (2013-2023)	111
Figura 32: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 3 .	112
Figura 33: Mudanças no ponto 3 (2013-2023)	113
Figura 34: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 4 .	114
Figura 35: Mudanças no ponto 4 (2013-2023)	115
Figura 36: Ilhas de calor superficiais em 2023	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classes de declividade com base na classificação da EMBRAPA (1979).....	21
Quadro 2: Classes de uso e ocupação do solo da área urbana de Três Lagoas-MS.	22
Quadro 3: Parâmetros utilizados na classificação do uso e ocupação do solo.	24
Quadro 4: Imagens do satélite Landsat 8 dos anos de 2013, 2018 e 2023.	29
Quadro 5: Dados meteorológicos e físicos da área de estudo utilizados para a correção atmosférica na calculadora da NASA – <i>Atmospheric Correction Parameter Calculator</i>	31
Quadro 6: Valores gerados pelo programa <i>Atmospheric Correction Parameter Calculator</i> para os anos de 2013, 2018 e 2023.	31
Quadro 7: Classes das temperaturas superficiais.....	33
Quadro 8: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 1.	88
Quadro 9: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 2.	91
Quadro 10: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 3.	93
Quadro 11: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 4.	95
Quadro 12: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 5.	98
Quadro 13: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 1.	108
Quadro 14: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 2.	110
Quadro 15: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 3.	112
Quadro 16: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 4.	114
Quadro 17: Intensidade das Ilhas de calor superficiais em 2023.	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de temperatura do ar dos 30 dias antecedentes ao imageamento.	79
Tabela 2: Dados de precipitação de até 30 dias antes do imageamento.	80
Tabela 3: Dados de temperatura do ar no dia do imageamento.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACPC – *Atmospheric Correction Parameter Calculator*
CBERS 04A – *China-Brazil Earth Resources Satellite 04A*
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano
LST – *Land Surface Temperature*
MDE – Modelo Digital de Elevação
mPa – Massa Polar Atlântica
NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*
NOB – Estrada de Ferro Noroeste do Brasil
OLI – *Operational Land Imager*
SCU – Sistema Clima Urbano
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*
TIRS – *Thermal Infrared Sensor*
TMMMF – Temperatura média do mês mais frio
USGS – *United States Geological Survey*
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 METODOLOGIA	19
1.1 Revisão bibliográfica.....	20
1.2 Procedimentos metodológicos para delimitação dos aspectos geocológicos	20
1.3 Procedimentos metodológicos para delimitação dos aspectos urbanos.....	22
1.4 Procedimentos para a elaboração das cartas temais	28
1.5 Procedimentos para a elaboração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada NDVI	33
1.6 Procedimentos para organização dos dados de precipitação e temperatura do ar	34
1.7 Procedimentos para a análise.....	35
2 ÁREA DE ESTUDO: UMA CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS LAGOAS	38
2.1 Aspectos gerais	38
2.2 Aspectos geocológicos.....	42
2.3 Aspectos urbanos	47
3 A PRODUÇÃO DO ESPAÇO E DO CLIMA URBANO	51
3.1 A produção do espaço em Três Lagoas	51
3.1.1 Agentes produtores do espaço e suas relações com a produção do clima urbano.....	55
3.1.2 Organização espacial de Três Lagoas e os impactos na produção do clima urbano	63
3.2 A produção do clima urbano	66
3.2.1 Ilhas de calor de superfície	72
4 UMA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO EM TRÊS LAGOAS NOS ANOS DE 2013, 2018 E 2023	78
4.1 Análise multitemporal da produção do clima urbano em Três Lagoas: temperaturas da superfície em novas áreas construídas.....	81
4.2 Ilhas de calor de superfície em Três Lagoas em 2023.....	100
CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

INTRODUÇÃO

O espaço urbano de uma cidade tem sua produção e reprodução inerentes a diversos fenômenos e processos que ocorrem de forma simultânea, em diferentes escalas, e se manifestam e são vivenciados, em essência, na escala local.

A produção do espaço está vinculada a lógica capitalista de acumulação (Corrêa, 1989), em um jogo de interesses dos agentes que o produzem de forma desigual, ocasionando em desigualdades também do ponto de vista climático. Ao produzir o espaço, a própria superfície terrestre é alterada de acordo com as funções que são estabelecidas para as diferentes porções da cidade.

O clima urbano, trabalhado enquanto um sistema aberto (Monteiro, 1976), tem sua espacialidade vinculada a da cidade, ao próprio espaço urbanizado, em que se articulam o clima regional e local. Nesse sentido, ao pensar no clima urbano, é fundamental levar em consideração as modificações ocorridas na superfície terrestre ao longo do processo de produção do espaço urbano, uma vez que vão influir na conformação do clima urbano por meio das relações que se estabelecem entre o clima local e a superfície modificada à medida que ao transformar a superfície, “a densidade e características dos materiais construtivos e a impermeabilização da superfície fazem do ambiente urbano um grande armazenador de calor (Amorim, 2017, p. 38).

De tal forma, o modo como o espaço é produzido e a superfície é alterada pode culminar em problemáticas, como as ilhas de calor superficiais, em que há uma concentração térmica elevada em determinadas porções do espaço da cidade, relacionada ao armazenamento de calor.

Em uma perspectiva climática, o processo de produção do espaço urbano pode contribuir para a amenização de elevadas temperaturas superficiais, ou mitigação da formação de ilhas de calor superficiais, ao haver um melhor entendimento da dinâmica climática local, do clima da cidade em seu movimento de expansão e modificação da superfície terrestre. Assim, ao produzir o espaço, podem ser planejadas formas de lidar com determinadas áreas em que se concentram as elevadas temperaturas, reduzindo o efeito do calor para a população que se encontra nessas áreas.

Se por um lado a produção do espaço urbano pode ter um papel na amenização de problemáticas relacionadas às elevadas temperaturas em porções da cidade, por outro lado pode intensificar essas questões ao não levar em consideração a dinâmica do clima urbano da cidade. Neste sentido, determinadas áreas podem passar a concentrar elevadas temperaturas de acordo com a superfície que foi modificada no processo de produção do espaço, visto que “a alta

densidade de construções e pavimentações asfálticas e de concreto propiciam o acúmulo de calor” (Amorim, 2017, p. 39).

Além disso, ao pensar em um espaço produzido desigual, a forma como o clima urbano incidirá nas diferentes classes sociais que habitam a cidade será também desigual, devido a possibilidade desigual de amenizar as altas temperaturas. Deste modo, o presente trabalho está embasado na Geografia do Clima proposta por Sant’Anna Neto (2011), bem como trabalhada por Rampazzo (2015), ao trazer a dimensão social para a produção do clima urbano. Assim, busca-se articular essa discussão à área de estudo, Três Lagoas.

Três Lagoas-MS está localizada em uma região de clima tropical, em que se manifestam elevadas temperaturas ao longo do ano, tendo seus períodos de tempo mais frio associados a entrada da Massa Polar Atlântica (mPa). Sendo assim, o estudo do clima urbano se mostra enquanto uma necessidade para entender como as elevadas temperaturas se manifestam na cidade.

No recorte espacial da pesquisa, a área urbana de Três Lagoas, a produção do espaço urbano tem ocorrido de forma acelerada nas últimas décadas (Delcol; Milani, 2021), resultando em uma série de problemáticas que são vivenciadas na cidade. Dentre essas, a pesquisa está fundamentada na perspectiva do clima urbano, que, em contexto de mudanças climáticas, se mostra pertinente à medida que o fenômeno climático impacta na vida da população.

Nesse sentido, convém destacar que pesquisas já evidenciaram problemáticas relacionadas ao clima – ilhas de calor urbanas da camada dossel e superficiais – em Três Lagoas, como Ponso (2014) que analisou a variação da temperatura do ar em Três Lagoas a partir de medidas fixas em seis ambientes distintos e em episódios sazonais, encontrando ilhas de calor no Centro e no bairro Vila Piloto durante todo o período de abril de 2013 a janeiro de 2014. No que tange o contexto de mudanças climáticas (Conti, 2000; *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC, 2022), Ortiz Porangaba, Galvani e Amorim (2024) analisaram a frequência das ondas de calor (2001 – 2022), visando identificar os setores urbanos em risco e vulnerabilidade socioambiental a eventos extremos de calor, constatando um aumento na frequência das ondas de calor entre 2001 e 2022, bem como áreas da cidade em alta e muito alta vulnerabilidade socioambiental às ilhas de calor superficiais durante onda de calor registrada em novembro de 2019.

De tal maneira, é possível observar que os trabalhos brevemente descritos apontam para a problemática vivida na cidade referente às elevadas temperaturas – devido a tropicalidade da região em que se localiza a cidade, bem como ao uso do solo e a presença (ou ausência) de vegetação, havendo, como apontam Ortiz Porangaba *et al.* (2021), a necessidade de mais

vegetação urbana baixa e alta nas áreas residenciais, espaços públicos, e calçadas, e o uso de materiais de construção e telhados residenciais eficientes na mitigação de ilhas de calor na cidade.

Neste sentido, surge a inquietação em entender a articulação entre os aspectos urbanos e climáticos no clima urbano de Três Lagoas ao longo do tempo, visto que, conforme apontam Zhou *et al.* (2019, p. 20, tradução nossa) “(...) mais pesquisas sobre ilhas de calor superficiais devem ser direcionadas a cidades pequenas e médias, onde as áreas urbanas estão expandindo mais rapidamente (...)”. Além disso, Rampazzo (2012) aponta que “(...) a tendência das cidades atualmente é apresentarem problemas relacionados ao clima, com magnitudes cada vez maiores, principalmente no campo térmico, decorrente das atividades intrínsecas ao intraurbano e aos materiais construtivos (...)”, evidenciando a pertinência dos estudos do clima urbano.

De tal modo, articular os aspectos urbanos e climáticos de Três Lagoas em uma análise multitemporal se mostra de suma importância em um contexto de mudanças climáticas, em que, cada vez mais, são sentidos os efeitos do clima pela sociedade – um exemplo disso são os eventos extremos climáticos vivenciados, com mais frequência, maior duração e intensidade (Perkins-Kirkpatrick; Lewis, 2020). Neste sentido, Zhou *et al.* (2019, p. 19, tradução nossa), apontam para a existência de “(...) uma clara necessidade para mais pesquisa sobre ilhas de calor superficiais na África, América do Sul, e Índia devido a seu alto potencial de urbanização e/ou sensibilidade climática”.

A pesquisa se assenta em uma análise multitemporal do clima urbano de Três Lagoas a partir da temperatura superficial, articulando ao clima urbano, o processo de produção do espaço. Assim, o entendimento sobre a organização espacial da cidade auxilia na discussão das elevadas temperaturas superficiais apreendidas no movimento de expansão da malha urbana, bem como na melhor compreensão dos espaços em que foram identificadas ilhas de calor superficiais.

Essa pesquisa objetiva fundamentalmente analisar a formação de um clima urbano 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. A delimitação do recorte temporal foi fundamentada, por um lado, pela crescente expansão da malha urbana da cidade e significativo aumento populacional no período e, por outro lado, pela disponibilidade das imagens do satélite Landsat 8 a partir de 2013, que tiveram papel fundamental na análise, ao passo que estudos sobre ilhas de calor superficiais “(...) podem ser realizados por meio de imagens de satélites (...)”, como aponta Amorim (2017, p. 43).

Enquanto objetivos específicos, buscou-se: a) abordar e analisar a expansão urbana da cidade de Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023; b) averiguar as temperaturas da superfície de Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023; c) Identificar o uso e ocupação do solo da superfície de Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023; e d) identificar se há uma relação, e como ela se desdobra, entre expansão urbana e alterações do clima urbano local.

O trabalho está organizado em quatro capítulos: 1) Metodologia; 2) Área de estudo: uma caracterização de Três Lagoas; 3) A produção do espaço e do clima urbano; e 4) Análise multitemporal da produção do clima urbano em Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023.

O primeiro capítulo, “Metodologia”, foi elaborado no sentido de apontar o caminho metodológico percorrido ao longo da pesquisa, e está subdividido em subcapítulos referentes aos diferentes procedimentos metodológicos adotados para as diferentes etapas da pesquisa.

No segundo capítulo, “Área de estudo: uma caracterização de Três Lagoas”, discute-se em subcapítulos os aspectos gerais, urbanos e geocológicos da cidade com o intuito de caracterizar a área de estudo em diferentes âmbitos pertinentes para a discussão de seu clima urbano.

No terceiro capítulo, “A produção do espaço e do clima urbano” é articulada uma discussão teórica sobre os conceitos que embasam o trabalho. Assim, o capítulo está dividido em subcapítulos que estão interligados e subsidiam a discussão com base na organização espacial em meio ao processo de produção do espaço urbano, e no clima urbano.

No quarto capítulo “Análise multitemporal da produção do clima urbano em Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023”, são discutidos os resultados obtidos com a pesquisa. O capítulo está dividido em dois subcapítulos, com finalidades analíticas diferentes, em que se discute multitemporalmente a produção do clima urbano a partir das novas áreas construídas resultantes da expansão da malha urbana, bem como são identificadas ilhas de calor superficiais na área urbana de Três Lagoas em 2023.

Por fim, são tecidas considerações finais da pesquisa, levando em consideração os resultados obtidos com base nas análises, as contribuições da pesquisa para o tema, e as possibilidades futuras.

1 METODOLOGIA

Nesta seção serão discutidos os caminhos metodológicos percorridos na pesquisa. Para isto, o capítulo está dividido em: revisão bibliográfica; procedimentos metodológicos dos aspectos geocológicos; e procedimentos metodológicos dos aspectos urbanos.

A revisão bibliográfica permeou toda a construção do trabalho, sendo fundamental para a constituição do tema, dos objetivos, da metodologia e a análise dos dados, uma vez que permite o conhecimento de novas perspectivas em relação ao tema de pesquisa e as possíveis abordagens no desenvolvimento do trabalho.

A opção de trabalhar com os aspectos geocológicos e urbanos da área de estudo se assenta na pertinência de tais aspectos para o entendimento holístico da dinâmica do clima urbano na formação de ilhas de calor superficiais – proposta central da pesquisa.

Assim, o entendimento dos aspectos geocológicos são fundamentais para o desdobramento das discussões, “tendo como princípio que estas variáveis constituem aspectos importantes para a compreensão do clima urbano e particularmente para entender as singularidades termodinâmicas das urbes” (Pitton, 1997 *apud* Ortiz Porangaba, 2015, p. 26).

Em relação aos aspectos urbanos, Lombardo (1985) aponta que a íntima relação entre o uso do solo e a elevação das temperaturas internas da cidade impõem uma análise, em diferentes escalas, dos padrões de uso do solo, sendo assim de suma importância o conhecimento das particularidades da realidade local que compõem o uso do solo na cidade.

Para a análise, foram identificadas, em um primeiro momento, as novas áreas construídas entre 2013 e 2023, a partir dos mapas de uso e ocupação do solo, e analisadas em relação a temperatura superficial e Índice de Vegetação Normalizada por Diferença (NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*). Em um segundo momento, foram analisadas as áreas em que se formaram ilhas de calor superficiais em 2023 e identificadas suas intensidades em relação a uma área de vegetação densa. Em ambos os momentos de análise, buscou-se articular a incidência dos aspectos geocológicos e urbanos na formação do clima urbano de Três Lagoas.

A seguir, serão discutidos detalhadamente os procedimentos metodológicos realizados na construção da pesquisa, fundamentando as opções com base no tema e objetivos propostos para a realização deste trabalho.

1.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica foi construída ao longo de todo o caminho percorrido da pesquisa, com o intuito de compreender o tema em sua totalidade, e traçar o diálogo proposto entre as áreas humana e física, por meio da Geografia Urbana e Climatologia Urbana.

A metodologia da pesquisa foi construída a partir da proposta teórico-metodológica de Monteiro (1976), o Sistema Clima Urbano (SCU), que foi desdobrada em trabalhos posteriores, que serviram também para fundamentar a pesquisa, como Lombardo (1985), Jensen (2009), Dumke (2007) e Ortiz Porangaba (2015).

Na revisão teórica do trabalho, visou-se articular o SCU (Monteiro, 1976) e a produção do espaço urbano (Corrêa, 1989). As discussões sobre a produção do espaço urbano tiveram como base os seguintes autores: Corrêa (1989; 2017); Sposito (1991); Pereira (2006); Nardoque (2007); Calixto (2009); Monteiro (2011); Ugeda Júnior (2011); Sant'Anna Neto (2011); Milani (2012); Silva (2013); e Brito e Milani (2022).

Para desdobrar as discussões referentes ao SCU, o trabalho teve como base com os seguintes autores: Monteiro (1976; 1990; 2011); Mendonça (2000); Dumke (2007); Sant'Anna Neto (2011); Rampazzo (2015); e Amorim (2017). As discussões em relação às ilhas de calor superficiais se assentaram em autores como: Monteiro (1976; 2011); Voogt e Oke (2003); Dumke (2007); Gartland (2010); e Amorim (2017; 2019).

1.2 Procedimentos metodológicos para delimitação dos aspectos geocológicos

A determinação dos aspectos geocológicos na pesquisa tem como finalidade a identificação dos aspectos físicos do sítio urbano em que a cidade é construída ao longo do tempo. Nesse sentido, a hipsometria, declividade, orientação das vertentes e hidrografia têm papel fundamental na compreensão “(...) dos mecanismos geradores das diferenças que existem no interior da própria cidade e que interferem de maneira negativa na qualidade de vida das pessoas” (Amorim, 2010, p. 72).

Para a elaboração do mapa de hipsometria da área urbana de Três Lagoas, foi utilizado o arquivo de Modelo Digital de Elevação (MDE), com 30 m de resolução espacial e Datum WGS84, obtido por meio do complemento *Open Topography DEM Downloader* no *software*

QGIS versão 3.16.15. O complemento em questão trabalha com arquivos *raster* referentes a *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Após a aquisição, o *raster* foi exportado e reprojetoado para SIRGAS 2000 UTM Zona 22S. O arquivo *raster* referente ao MDE da área de estudo foi então inserido no *software* ArcMap 10.8.2. A paleta de cores foi alterada em “simbologia” para a mais adequada a representação visual da hipsometria. Após este procedimento, utilizou-se a ferramenta *hillshade* para criar o sombreamento do relevo (tendo como base o arquivo raster do MDE), com a transparência definida em 65%.

A partir do arquivo *raster* do MDE utilizado para a elaboração da hipsometria, foi gerada a declividade do relevo no *software* ArcMap 10.8.2, utilizando a ferramenta *Slope*. Assim, o arquivo de entrada utilizado na ferramenta foi o *raster* da hipsometria, e a declividade foi calculada em porcentagem. Para a classificação dos valores de declividade, foram utilizadas as classes definidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1979), conforme Quadro 1:

Quadro 1: Classes de declividade com base na classificação da EMBRAPA (1979).

Classe de relevo	Classe de declive (%)
Plano	0 a 3%
Suave ondulado	3 a 8%
Ondulado	8 a 20%
Forte ondulado	20 a 45%
Montanhoso	45 a 75%
Escarpado	> 75%

Fonte: EMBRAPA, 1979. **Organização:** O autor (2025).

O mapa de orientação das vertentes foi elaborado a partir do arquivo MDE utilizado na elaboração dos mapas de hipsometria e declividade. No *software* ArcMap 10.8.2, utilizando a ferramenta *Aspect*, foi inserido o arquivo referente ao MDE, com Datum SIRGAS 2000 e projeção UTM Zona 22S, e gerado o *raster* de orientação de vertentes da área urbana de Três Lagoas.

1.3 Procedimentos metodológicos para delimitação dos aspectos urbanos

A elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo teve como proposta metodológica compreender a organização espacial da cidade de Três Lagoas multitemporalmente (2013, 2018 e 2023). Para isso, alguns procedimentos metodológicos foram adotados, dentre estes a classificação da morfologia da cidade em classes pautadas na realidade local, e a mudança destas ao longo dos anos propostos para a pesquisa, utilizando imagens de satélites referentes ao recorte temporal como base para a classificação. A opção metodológica na definição das classes está sustentada em Lombardo (1985) e Ortiz Porangaba (2015).

Para a definição das classes, foram levados 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). O critério para a definição das cores utilizadas partiu da opção pelas que houvesse contraste visual entre as classes (como o amarelo para construção esparsa não pavimentada e o cinza para construção esparsa pavimentada, ou o vermelho para construção densa pavimentada e o roxo para construção densa não pavimentada), além de uma distinção dos atributos das classes com base na intensidade da cor – por exemplo, quanto mais intensa a cor, maior é a quantidade de vegetação na área. No Quadro 2, pode-se observar as classes que foram definidas para a área de estudo:

Quadro 2: Classes de uso e ocupação do solo da área urbana de Três Lagoas-MS.

Classe	Definição da classe	Cor (RGB)
Construção esparsa não pavimentada sem vegetação	Áreas com grande número de construções próximas, não pavimentadas e sem presença de vegetação.	(R255G255B190) 
Construção esparsa não pavimentada com vegetação esparsa	Áreas com grande número de construções próximas, não pavimentadas e presença de vegetação esparsa.	(R255G255B115) 
Construção esparsa não pavimentada com vegetação densa	Áreas com grande número de construções próximas, não pavimentadas e presença de vegetação densa.	(R230G230B0) 
Construção esparsa pavimentada sem vegetação	Áreas com construções esparsas, pavimentação e sem presença de vegetação.	(R204G204B204) 

Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	Áreas com construções esparsas, pavimentação e presença de vegetação esparsa.	(R156G156B156) 
Construção esparsa pavimentada com vegetação densa	Áreas com construções esparsas, pavimentação e presença de vegetação densa.	(R104G104B104) 
Construção densa não pavimentada sem vegetação	Áreas com grande número de construções próximas, sem pavimentação e sem presença de vegetação.	(R232G190B255) 
Construção densa não pavimentada com vegetação esparsa	Áreas com grande número de construções próximas, sem pavimentação e presença de vegetação esparsa.	(R202G122B245) 
Construção densa não pavimentada com vegetação densa	Áreas com grande número de construções próximas, sem pavimentação e presença de vegetação densa.	(R132G0B168) 
Construção densa pavimentada com vegetação esparsa	Áreas com grande número de construções próximas, pavimentação e presença de vegetação esparsa.	(R255G127B127) 
Construção densa pavimentada com vegetação densa	Áreas com grande número de construções próximas, pavimentação e presença de vegetação densa.	(R168G0B0) 
Vegetação baixa	Áreas de vegetação baixa.	(R211G255B190) 
Vegetação alta	Áreas de vegetação alta.	(R168G168B0) 
Solo	Áreas de solo.	(R230G152B0) 
Hidrografia	Áreas com significante presença de água.	(R115G178B255) 

Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

A classificação utilizada no mapeamento do uso e ocupação do solo foi pautada na interpretação visual das classes com o uso de imagens de satélite para auxiliar a identificação das classes e delimitação dos polígonos. Alguns parâmetros foram estabelecidos para a classificação, uma vez que, a exemplo da pavimentação, existem quadras da cidade que contam com 1 face pavimentada e 3 não pavimentadas, o que complexifica a classificação. No Quadro 3 a seguir, é possível observar os parâmetros adotados para a classificação:

Quadro 3: Parâmetros utilizados na classificação do uso e ocupação do solo.

- Todos os lados da quadra devem conter pavimentação para ser considerada pavimentada (quadras com três lados pavimentados e um não pavimentado foram consideradas não pavimentadas).
- A quadra foi considerada com construção esparsa ou densa de acordo com o espaçamento das casas em relação ao espaço da quadra. Havendo espaço entre as casas, a quadra foi considerada de construção esparsa (quadras com construções aglutinadas, pegando metade do quarteirão, foram consideradas esparsas).
- Quadras com prédio industrial foram consideradas esparsas (somente densas quando houve maior número de prédios sem espaçamento).
- Foi utilizada a classe de vegetação baixa para gramíneas e áreas arbustivas.
- Foi utilizada a Malha Censitária de 2021 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2021), para que seja possível comparar a expansão da cidade e as mudanças nas classes entre os anos.

Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

A seguir, será abordado como se deu a construção dos mapas de uso e ocupação do solo de 2013, 2018 e 2023, desde a obtenção das imagens de satélites utilizadas na classificação, até os procedimentos para identificação da mudança de classes entre os anos. Vale destacar que ao longo de todo processo de classificação, para todos os anos trabalhados, foram utilizadas as imagens históricas do Google Earth Pro para auxiliar na identificação das classes, uma vez que a resolução espacial da imagem no programa é melhor do que a das imagens baixadas e georreferenciadas.

Para o uso e ocupação do solo de 2013, foi utilizada uma imagem de satélite obtida (Figura 1) por meio do Google Earth Pro referente ao dia 26 de julho de 2013 (uma parte da imagem, a oeste, no final da malha urbana, referente ao dia 11 de setembro de 2013). A imagem foi exportada com resolução máxima (8192 x 5152), e posteriormente georreferenciada no *software* ArcMap 10.8.2, com Datum SIRGAS 2000 e projeção UTM Zona 22S.

Figura 1: Imagem de satélite de 2013 obtida por meio do Google Earth Pro.



Fonte: Google Earth Pro (2013).

A classificação foi realizada no *software* ArcMap 10.8.2, utilizando como base para a identificação das classes na área urbana de Três Lagoas a imagem georreferenciada em SIRGAS 2000 UTM Zona 22S, com a Malha Censitária (IBGE, 2021) sobreposta. Assim, foram criados arquivos *shapefile* para cada classe definida, fazendo a classificação das quadras da cidade de acordo com a classe à qual há maior identificação das características, seguindo o parâmetro definido para a classificação.

Para o mapa de uso e ocupação do solo referente ao ano de 2018, foi utilizada uma imagem de satélite obtida por meio do Google Earth Pro, do dia 19 de julho de 2018 (Figura 2), exportada com resolução máxima (8192 x 5152). A imagem foi georreferenciada no *software* ArcMap 10.8.2, com Datum SIRGAS 2000 projeção UTM Zona 22S.

Figura 2: Imagem de satélite de 2018 obtida por meio do Google Earth Pro.



Fonte: Google Earth Pro (2018).

A imagem foi utilizada com referência visual para a identificação das classes, no *software* ArcMap 10.8.2, com a sobreposição da Malha Censitária (IBGE, 2021). Os procedimentos para a classificação tiveram como base os arquivos *shapefile* das classes apontadas no uso e ocupação do solo de 2013. Desse modo, as classes de 2013 foram sobrepostas a imagem de satélite de 2018, e com base na Malha Censitária (IBGE, 2021) foi conferida a classificação de cada setor censitário para identificar as quadras em que ocorreram mudanças de classes entre 2013 e 2018. Para auxiliar na identificação das mudanças, foi utilizada a imagem de satélite Google Earth Pro de 2013, a qual permitiu realizar a comparação entre ambos os anos e visualizar as mudanças ocorridas na cidade. Assim, ao identificar a mudança de classe, o arquivo *shapefile* foi editado para a classe à qual passou a ter maior relação.

Na elaboração do mapa de uso e ocupação do solo de 2023, foi utilizada como referência visual uma imagem do satélite *China-Brazil Earth Resources Satellite 04A* (CBERS 04A), referente ao dia 15 de julho de 2023. A opção pelo satélite CBERS 04A, ao invés do uso de uma imagem do Google Earth Pro se deu pelo fato de no momento da elaboração do mapa, não haver imagem de julho de 2023 disponível no *software*.

No *software* ArcMap 10.8.2, foram inseridas as bandas 0, 1, 2 e 3 do satélite CBERS 04A, referentes, respectivamente à pancromática ($0,45 - 0,90 \mu m^1$), ao azul ($0,45 - 0,52 \mu m$), verde ($0,52 - 0,59 \mu m$) e vermelho ($0,63 - 0,69 \mu m$). Após a inserção, as bandas foram reprojctadas individualmente para SIRGAS 2000 UTM Zona 22S. Uma vez reprojctadas, as imagens foram recortadas no limite da área de estudo, por meio da ferramenta *Extract by Mask*.

Com as bandas devidamente reprojctadas e recortadas, foi utilizada a ferramenta *Composite Bands*, em *Image Analysis* para fazer a composição colorida “3-2-1”, com 8 m de resolução espacial. Para obter a composição colorida com melhor resolução espacial (2 m), realizou-se a fusão com a banda 0 (pancromática), por meio da ferramenta *Create Pan-sharpened Raster Dataset* (Figura 3).

Figura 3: Composição colorida fusionada com a pancromática do satélite CBERS 04A de 2023.



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2023).

¹ Micrômetro.

O *raster* da composição colorida fusionada com a pancromática referente ao dia 15 de julho de 2023 foi utilizado como base visual para a classificação do uso e ocupação do solo de 2023, junto a Malha Censitária (IBGE, 2021), e as imagens de satélite do Google Earth Pro de 2013 e 2018 (a fins comparativos).

Desta forma, o *shapefile* das classes de uso e ocupação do solo de 2018 foi utilizado como base para a identificação das mudanças de classes de 2018 para 2023, junto as demais imagens de satélites (2013, 2018 e 2023). Para isso, em cada setor censitário foram conferidas as quadras em que as classes sofreram alteração, e à medida que foram identificadas mudanças, foi realizada a edição no *shapefile* base.

Após a realização desta série de procedimentos, foram obtidos os mapas de uso e ocupação do solo da área urbana de Três Lagoas em 2013, 2018 e 2023, pertinentes para realizar a análise das formas de organização do espaço urbano da cidade estudada em âmbito da produção do clima urbano.

1.4 Procedimentos para a elaboração das cartas temais

Para a elaboração dos mapas de temperatura da superfície, algumas etapas foram necessárias, dentre estas, a obtenção das imagens de satélite, o tratamento e processamento dos *rasters* e a classificação das temperaturas. Adiante, serão detalhados os procedimentos realizados.

O primeiro passo foi a obtenção das imagens de satélite no site da instituição científica *United States Geological Survey* (USGS). No trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 dos anos de 2013, 2018 e 2023 (Quadro 4). Conforme Zhou *et al.* (2019, p. 8, tradução nossa), existem três razões para a popularidade das imagens Landsat em estudos de ilhas de calor superficiais:

Primeiro, Landsat “é o mais longo programa de observação da terra funcionando ininterruptamente”. Segundo, pesquisadores, como um resultado de uma mudança política em 2008, podem obter gratuitamente as imagens Landsat. Essas características, portanto, conformam um consistente, confiável, e voluptuoso arquivo de dados para pesquisadores explorarem diferentes aspectos das ilhas de calor superficiais. É pertinente mencionar que, até 2008, cientistas tinham que pagar por dados Landsat e o governo dos Estados Unidos tem novamente considerado cobrar usuários pelo acesso ao arquivo Landsat. Terceiro, as séries Landsat 5, 7 e 8 capturam a superfície da Terra em um ciclo repetido de 16 dias com uma cobertura de 185 km x 185 km. A resolução temporal fornece um razoável período para refletir as

mudanças nas ilhas de calor superficiais ou uso e ocupação do solo de uma cidade e a faixa de cobertura é grande o suficiente para permitir o processamento de uma única imagem para investigar um ambiente urbano inteiro por cientistas. Estas razões aumentam tanto a eficiência no uso do tempo, quanto a acurácia dos estudos de ilhas de calor superficiais.

Quadro 4: Imagens do satélite Landsat 8 dos anos de 2013, 2018 e 2023.

Ano	Data da captura	Horário da captura (GMT)
2013	27 de julho	13:30
2018	10 de agosto	13:27
2023	23 de julho	13:28

Fonte: USGS (2013; 2018; 2023). Organização: O autor (2025).

Como pode ser observado no Quadro 4, a data de captura das imagens se deu entre julho em agosto dos respectivos anos, que configura o período de inverno da área de estudo. A opção pelo período de inverno se assentou por ser um momento do ano em que, por haver menos umidade, consequentemente a presença de nuvens também é menor, havendo menos interferência nas imagens de satélite. A temperatura superficial foi obtida a partir da banda 10, referente ao 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), uma vez que “(...) os sistemas orbitais de sensoriamento remoto no infravermelho termal geralmente registram dados na região de 10,5 – 12,5 (...)” (Jensen 2009, p. 256).

O tratamento e processamento das imagens teve como base metodológica uma série de procedimentos que permitem obter a temperatura superficial do *raster*. Assim, os procedimentos foram realizados embasados em Dumke (2007) e Gomide Vieira e Machado (2018). Dumke (2007, p. 246) sistematiza os procedimentos necessários 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 obtêm-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.

Assim, a partir do *software* ArcMap 10.8.2, foi feita a reprojeção para SIRGAS 2000 UTM Zona 22S em todas as imagens utilizando a ferramenta *Project Raster*. O recorte das

imagens, delimitado pela área de estudo, foi realizado com base em um *shapefile* de polígono com formato retangular, por meio da ferramenta *Extract by mask*. O resultado do tratamento foi a obtenção das imagens devidamente projetadas e recortadas para a área de estudo.

Com as imagens prontas, foi possível dar início ao processamento das imagens a partir da ferramenta *Raster Calculator*, que permitiu aplicar os cálculos necessários para a obtenção das temperaturas da superfície das imagens. O primeiro passo foi a realização do cálculo de conversão dos valores de níveis de cinza da imagem para radiância espectral, o qual está disposto na seguinte fórmula (Eq. 1):

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \text{ (Eq. 1)}$$

Onde:

Lλ – Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts

ML – Fator multiplicativo de redimensionamento da banda termal = 0.0003342

Qcal – Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem da banda 10 reprojeta

AL – Fator de redimensionamento aditivo específico da banda termal = 0.1000

A segunda etapa, após a conversão dos níveis de cinza da imagem para radiância espectral, consistiu na correção atmosférica. Assim, o cálculo (Eq. 2) foi aplicado no *raster* gerado anteriormente:

$$\frac{((\text{raster_gerado_anteriormente} - \text{UpRadiance}) / \text{Emissividade} * \text{transmitância}) - (0.05263 * \text{DownRadiance})}{\text{Emissividade} * \text{transmitância}} \text{ (Eq. 2)}$$

Onde:

UpRadiance = Lu

Emissividade: 0.95

Transmitância = T

DownRadiance = Ld

Para aplicação da fórmula acima, foi necessário obter os dados de correção atmosférica. Para isso, utilizou-se a calculadora do site *Atmospheric Correction Parameter Calculator* (ACPC), onde foram inseridos dados referentes a atributos meteorológicos e físicos de Três Lagoas. Os dados utilizados para a obtenção dos dados de correção atmosférica foram obtidos

a partir do arquivo de metadados disponibilizado junto das imagens do satélite Landsat 8, referente ao ano, mês, dia, hora, minuto, latitude e longitude, e dos dados meteorológicos históricos obtidos a partir de planilha disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente aos anos de 2013, 2018 e 2023, sendo feita uma filtragem para obter apenas os dados do dia e horário necessários para a correção atmosférica. No Quadro 5, é possível observar a sistematização dos dados utilizados para a correção atmosférica:

Quadro 5: Dados meteorológicos e físicos da área de estudo utilizados para a correção atmosférica na calculadora da NASA – *Atmospheric Correction Parameter Calculator*.

Satélite	Data	Hora	Latitude	Longitude	Altitude (Km)	Temperatura (°C)	Pressão (mb)	Umidade Relativa (%)
Landsat 8	27/07/2013	13:30	-20	-50	0.328	17,4	986,1	67
Landsat 8	10/08/2018	13:27	-20	-50	0.328	15	984,7	71
Landsat 8	23/07/2023	13:28	-20	-50	0.328	24,3	985,6	54

Fonte: INMET (2013; 2018; 2023); NASA (2024); USGS (2013; 2018; 2023). Organização: O autor (2025).

O resultado deste procedimento foi a obtenção dos dados referentes a Transmitância, *UpRadiance* e *DownRadiance*, conforme apresentados no Quadro 6, a seguir:

Quadro 6: Valores gerados pelo programa *Atmospheric Correction Parameter Calculator* para os anos de 2013, 2018 e 2023.

Ano	<i>Band average atmospheric transmission</i>	<i>Effective bandpass upwelling radiance</i>	<i>Effective bandpass downwelling radiance</i>
2013	0.86	1.14 W/m ² /sr/um	1.87 W/m ² /sr/um
2018	0.86	1.05 W/m ² /sr/um	1.73 W/m ² /sr/um
2023	0.83	1.45 W/m ² /sr/um	2.39 W/m ² /sr/um

Fonte: NASA (2024). Organização: O autor (2025).

Com a obtenção destes valores, foi possível preencher, para cada ano, a fórmula (Eq. 2) apresentada anteriormente. Após a realização deste procedimento de correção atmosférica, foi aplicada uma nova fórmula (Eq. 3) referente a obtenção da temperatura da superfície (expressa em Kelvin), utilizando como base o *raster* resultante da expressão anterior:

$$K2 / Ln (K1 / [imagem]) + 1 \text{ (Eq. 3)}$$

Onde:

K1 e K2 – As constantes do satélite (K1 = 774.89; e K2 = 1321.08)

Ln – Logaritmo

Com a obtenção da temperatura superficial, um último procedimento necessário foi a conversão de Kelvin para Celsius, aplicando a seguinte fórmula (Eq. 4) no *raster* resultante da fórmula anterior:

$$\text{Imagem} - 273.15 \text{ (Eq. 4)}$$

Como produto, foi obtida a temperatura da superfície da área urbana de Três Lagoas de 2013, 2018 e 2023 em graus Celsius. O próximo passo foi realizar a classificação das temperaturas superficiais, de forma a sistematizar a análise com base na intensidade de temperatura superficial que as imagens termais apresentaram nos diferentes anos.

A etapa de classificação das temperaturas superficiais foi realizada no *software* Excel, a partir da elaboração de uma tabela com a finalidade de sistematizar as classes, temperaturas superficiais e as respectivas cores para 2013, 2018 e 2023, com a intenção de que as três imagens termais seguissem uma padronização.

A quantidade de classes definidas levou em consideração as temperaturas mínimas e máximas de todas as termais que estão inseridas na classificação, de modo que as classes variaram de 0 a 9, com intervalos de 2 °C entre cada classe (a não ser pelas duas primeiras classes, devido as menores temperaturas apreendidas no distrito industrial que interferiram na temperatura mínima da termal de 2013 e 2018). No Quadro 7, é possível observar as classes, temperaturas e cores definidas para a padronização.

Quadro 7: Classes das temperaturas superficiais.

Classes	Temperatura (°C)	Cores (RGB)
0 a 1	4 a 10 °C	R0G38B115
1 a 2	10,1 a 23 °C	R0G94B115
2 a 3	23,1 a 25 °C	R0G166B115
3 a 4	25,1 a 27 °C	R76G230B0
4 a 5	27,1 a 29 °C	R230G230B0
5 a 6	29,1 a 31 °C	R230G112B0
6 a 7	31,1 a 33 °C	R230G26B0
7 a 8	33,1 a 35 °C	R181G0B0
8 a 9	35,1 a 37,4 °C	R107G0B0

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Deste modo, todas as temperaturas presentes nas termais de diferentes anos terão sua distribuição de cores por pixels associada a classificação realizada previamente, sendo assim possível compará-las com base nas classes às quais as temperaturas estão vinculadas.

O intuito com esta classificação é ter uma base em comum para analisar a intensidade da temperatura superficial das termais de forma multitemporal, seguindo um mesmo padrão de cores. Ou seja, a partir desta classificação, é possível determinar um mesmo parâmetro na distribuição das cores nas termais, sendo possível compará-las de acordo com as classes.

De tal forma, foi possível obter a variação de intensidade das temperaturas superficiais da área urbana de Três Lagoas a partir do tratamento, processamento e classificação realizada a partir das imagens termais dos anos de 2013, 2018 e 2023.

1.5 Procedimentos para a elaboração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada NDVI

A elaboração dos mapas do NDVI, foi realizada a partir de uma série de procedimentos, em que se inclui a obtenção das imagens de satélite, o tratamento e o processamento das imagens. Adiante, os procedimentos realizados serão explicitados detalhadamente.

A obtenção das imagens de satélite foi realizada em conjunto com a das imagens utilizadas na elaboração dos mapas de temperatura da superfície, obtidas no site da instituição

USGS. Deste modo, são referentes as bandas 4 e 5 satélite Landsat 8/OLI (*Operational Land Imager*), as quais correspondem, respectivamente, ao vermelho (0.64 – 0.67 μm) e ao infravermelho próximo (0.85 – 0.88 μm), ambas com resolução espacial de 30 m.

O tratamento das imagens foi feito no *software* ArcMap 10.8.2. Neste sentido, foi realizada a reprojeção dos *rasters* para SIRGAS 2000 UTM Zona 22S, e então, utilizando o *shapefile* de limite, as imagens foram recortadas de modo a abarcar apenas a área de estudo.

Esse procedimento foi realizado separadamente para cada ano trabalhado. De tal modo, com as imagens devidamente projetadas e recortadas, utilizou-se a ferramenta *Raster Calculator* para aplicar a fórmula do NDVI (Eq. 5), 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).

$$\text{FLOAT (banda05 – banda04) / FLOAT (banda05 + banda04)} \text{ (Eq.5)}$$

Após a obtenção do *raster* do NDVI, um último passo foi a aplicação de uma paleta de cores apropriada para a representação visual. Assim, trabalhou-se com a paleta que abrange do verde ao vermelho – compreendendo, em seu intermédio, tons de amarelo. Desta forma, o verde representa a presença de vegetação mais intensa e densa, ao passo que o vermelho representa a ausência de vegetação e presença de corpos d’água, solo exposto e construções.

Desta maneira, foi obtido o NDVI das datas determinadas para a análise de 2013, 2018 e 2023, que tem grande peso para a análise das temperaturas da superfície e compreensão da distribuição e intensidade da vegetação, principalmente nos espaços em que se manifestam as mais elevadas temperaturas superficiais na cidade.

1.6 Procedimentos para organização dos dados de precipitação e temperatura do ar

Visando uma melhor compreensão do período em que foram tomadas as imagens de satélite utilizadas na pesquisa, alguns procedimentos metodológicos foram adotados para obter os totais de precipitação, as mínimas, máximas e média da temperatura do ar nos 30 dias que antecederam o imageamento, como realizado por Ortiz Porangaba (2024). Buscou-se obter também a temperatura do ar no momento do imageamento (para cada data trabalhada), e a mínima e máxima no dia da tomada da imagem, para contextualizar, parcialmente, a condição atmosférica no momento analisado. De tal modo, a pesquisa trabalhou com os dados coletados

pela estação automática ativa (WMO A704) do INMET localizada no bairro Santos Dummont na cidade.

Os dados de precipitação foram tabulados a partir das planilhas dos “dados históricos anuais”, referentes aos anos de 2013, 2018 e 2023. Assim, o período delimitado para o tratamento anterior a tabulação dos dados teve como parâmetro inicial os 30 dias anteriores à data de cada imagem termal.

De tal forma, seguindo os apontamentos de Amorim (2019), trabalhou-se com o total de precipitação para os 10, 20 e 30 dias anteriores a tomada da termal, no intuito de compreender melhor a distribuição da precipitação no período, uma vez que há influência da precipitação na temperatura superficial.

Para a obtenção das mínimas, máximas e médias da temperatura do ar dos 30 dias antecedentes à tomada da imagem, trabalhou-se com os dados históricos anuais do INMET para os anos de 2013, 2018 e 2023. Assim, os dados foram organizados em uma tabela contendo, para cada ano, a temperatura mínima, máxima e média dos 30 dias anteriores ao imageamento.

Nesse sentido, foi possível observar se houve alguma anormalidade no período anterior à tomada da imagem de satélite que possa ter influência na análise, seja por meio da temperatura do ar, ou pelo total de precipitação apreendido no período delimitado.

Na obtenção dos dados de temperatura do ar na hora do imageamento, e mínima e máxima do dia, trabalhou-se também com os dados históricos anuais do INMET referentes aos anos de 2013, 2018 e 2023. Para isso, foram tabulados os dados referentes ao dia de cada imageamento, e organizada uma tabela contendo a temperatura do ar no horário do imageamento, a máxima e mínima do dia, para cada ano.

1.7 Procedimentos para a análise

A análise dos dados é uma etapa fundamental da pesquisa, em que as discussões trabalhadas convergem para o entendimento da realidade local, bem como os desdobramentos que se manifestam no plano da cidade. Assim, é de suma importância que a análise seja realizada de modo a dialogar com o trabalho de forma holística, atendendo aos objetivos propostos na pesquisa.

Tendo em vista a proposição de realizar uma análise multitemporal da produção do clima urbano de Três Lagoas, abarcando também: a análise da expansão urbana; a averiguação

das temperaturas da superfície; e a identificação da relação entre a expansão urbana e o clima local, é pertinente que a forma de análise seja coerente com os enunciados elencados.

Para isso, a análise multitemporal dos dados tem como base para seu desenvolvimento, duas etapas: a identificação das novas áreas construídas na cidade de Três Lagoas e as temperaturas superficiais que se manifestaram nessas áreas nos diferentes tempos; e a identificação das ilhas de calor superficiais na área urbana de Três Lagoas, uma vez que, a partir destas áreas é possível discutir sobre a produção do clima urbano, no sentido de contribuir para melhores condições térmicas na cidade, ou ainda, os moradores da cidade, estes que compõem diferentes classes sociais.

Deste modo, a partir das novas áreas construídas, e as áreas com temperaturas mais elevadas da superfície da área urbana de Três Lagoas em 2023, foram extraídos os pontos de análise (os quais serão desdobrados com relação aos aspectos geocológicos e urbanos, de forma multitemporal, a fim de uma compreensão holística). Por meio dos mapas de uso e ocupação do solo, foram delimitados os cinco pontos a serem analisados no âmbito das novas áreas construídas entre os anos de 2013, 2018 e 2023, são os pontos: o bairro Montanini, a noroeste; o bairro Alto da Boa Vista, a oeste; a área em que foram implantados os conjuntos habitacionais Novo Oeste e Orestinho, a sudoeste; o bairro Real Park, sul; e o Residencial Bosque das Araras, a leste. E então, a partir das áreas com temperaturas mais elevadas da superfície da área urbana de Três Lagoas em 2023, foram delimitados os quatro pontos a serem analisados, sendo: a norte, nas proximidades de um espaço residencial fechado; a sudoeste, próximo ao bairro Jardim das Violetas; a leste, em área composta por loteamentos no bairro Quinta da Lagoa; e a leste, em uma extensa área descampada no bairro Vista Alegre.

A extração dos aspectos urbanos e geocológicos de cada ponto para a análise foi realizada no *software* ArcMap 10.8.2, utilizando a ferramenta *extract multi values to points*, a qual permite a extração dos dados de um pixel simultaneamente para múltiplos *rasters* a partir de um *shapefile* de pontos.

De tal maneira, em um novo projeto (para cada um dos enfoques de análise) foram criadas diferentes camadas referentes aos anos de 2013, 2018 e 2023. Em cada camada foram inseridos os *rasters* de temperatura superficial, NDVI, hipsometria e declividade referentes ao ano ao qual intencionou-se extrair os dados. Com um novo arquivo *shapefile* de pontos, foi criado um ponto em cada área determinada para a análise. Este *shapefile* foi a base para a extração dos dados, sendo o arquivo replicado para cada ano – a fim de evitar a sobreposição de dados na tabela de atributos.

Após a extração, a tabela de atributos de cada ano foi exportada e inserida no *software* Excel. Esse procedimento foi utilizado para a obtenção dos dados dos pontos das novas áreas construídas, bem como para as ilhas de calor superficiais identificadas.

Já no Excel, os dados foram organizados pelos pontos, obtendo os valores dos aspectos urbanos e geoecológicos para cada ano no ponto em questão. Essa organização permitiu a análise de cada ponto de forma multitemporal.

Com o intuito de enriquecer a análise e possibilitar a visualização das mudanças ocorridas nos pontos de análise ao longo dos anos, foram utilizadas também imagens de satélite obtidas por meio do Google Earth Pro, do ano de 2008 até 2023, com a montagem de mosaicos contendo a indicação do mês e ano de cada imagem.

Por fim, para obter a intensidade das ilhas de calor superficiais que se formaram na área urbana de Três Lagoas em 2023, a análise teve como parâmetro comparativo uma área de vegetação densa, localizada a leste do bairro Vila Piloto, onde foi apreendida uma das menores temperaturas superficiais no mapa termal de 2023. Assim, a classe de temperatura superficial da área de referência de vegetação densa (representando o rural próximo) foi subtraída da classe de temperatura superficial da ilha de calor de superfície, obtendo uma estimativa que variou entre 2 °C (devido a variação nas próprias classes).

2 ÁREA DE ESTUDO: UMA CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS LAGOAS

Neste capítulo buscou-se realizar uma caracterização de Três Lagoas para melhor entendimento da realidade local com a qual a pesquisa se propõe a trabalhar, em seus diferentes aspectos. De tal modo, a discussão foi articulada em três subcapítulos: aspectos gerais; aspectos geocológicos; e aspectos urbanos.

Desta maneira, em um primeiro momento é discutido um panorama geral da cidade, articulando uma breve contextualização da produção do espaço urbano em Três Lagoas no decorrer dos anos, as etapas de desenvolvimento pelo qual a cidade passou, e os processos que culminaram no momento atual.

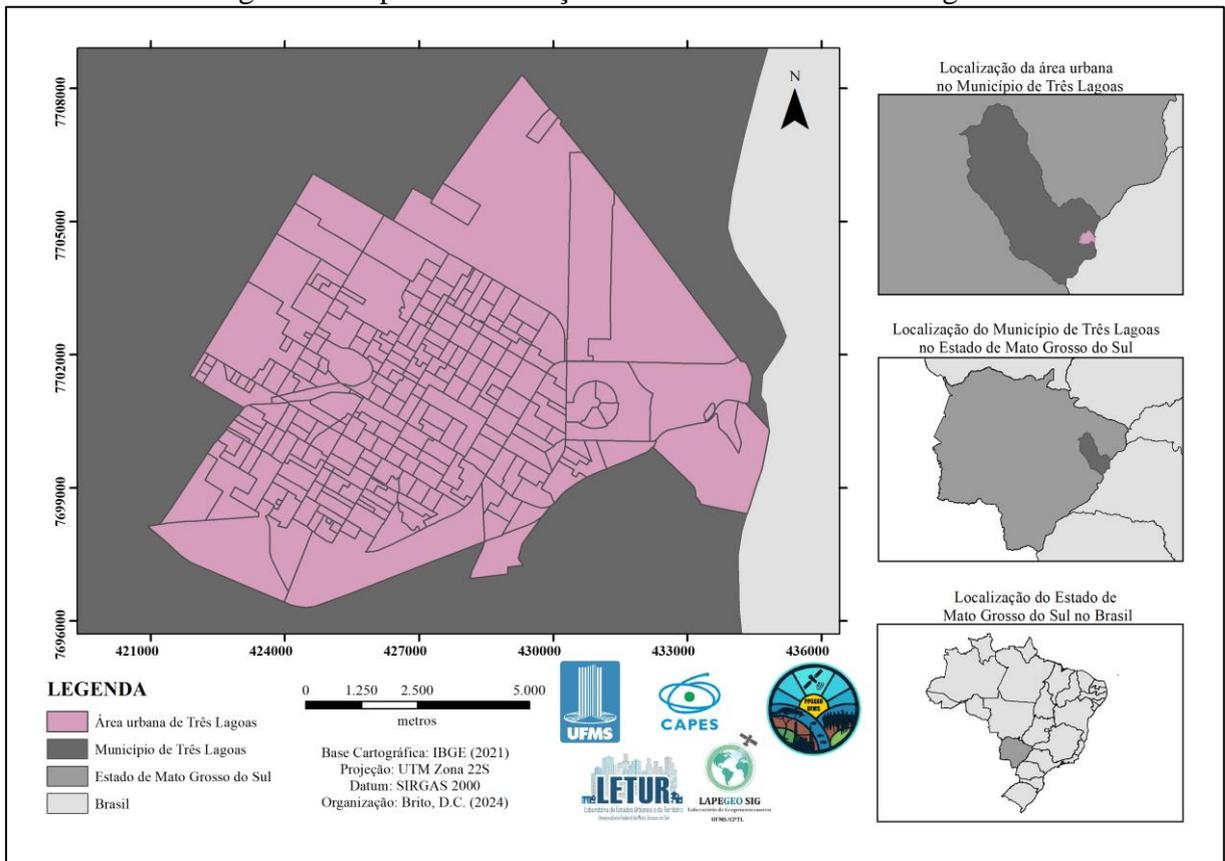
Em um segundo momento, é realizada uma caracterização dos aspectos geocológicos da área urbana de Três Lagoas, em que se discute as especificidades do sítio urbano em que a cidade está localizada. Neste sentido, é discutido o clima que incide sobre a cidade, a hipsometria do espaço urbanizado, a declividade e a orientação das vertentes.

Por fim, são caracterizados os aspectos urbanos da cidade a partir de uma contextualização da expansão da malha urbana da cidade com base nos mapas de uso e ocupação do solo. Assim, é feita uma breve discussão sobre as áreas para as quais a cidade tem se expandido na última década articulada a ação dos agentes produtores do espaço.

2.1 Aspectos gerais

A área de estudo, a cidade de Três Lagoas, está situada na Mesorregião Leste do estado de Mato Grosso do Sul e Microrregião de Três Lagoas (IBGE, 2021), próxima a divisa com o estado de São Paulo. O município conta com população de aproximadamente 132.152 pessoas e densidade demográfica de 12,93 habitante por quilômetro quadrado (IBGE, 2022). É possível observar a localização da área urbana de Três Lagoas em relação ao Estado de Mato Grosso do Sul e ao Brasil, na Figura 4.

Figura 4: Mapa de localização da área urbana de Três Lagoas.



Fonte: O autor (2025).

A área urbanizada de Três Lagoas é de aproximadamente 48,96 km² (IBGE, 2019), e conforme o Censo de 2010, o município contava com 52,6% de esgotamento sanitário adequado, 95,6% de arborização de vias públicas, e 10,8% de urbanização de vias públicas.

Delcol e Milani (2022) ao trabalharem com a produção do espaço urbano de Três Lagoas, contextualizam as etapas do crescimento e urbanização da cidade desde 1910, marcadas por processos que alteraram a dinâmica do espaço urbano ao longo do tempo. Apontam para a importância da Ferrovia Noroeste do Brasil (NOB) na promoção dos “primeiros comércios e serviços para atender os trabalhadores e viajantes, os primeiros fluxos migratórios, a formação do tecido urbano e a consolidação de um traçado regular na cidade” (Delcol; Milani, 2022, p. 92), sendo a NOB uma área histórica que divide a cidade “no meio”, sendo, “do lado de cá” e “do lado de lá da linha”, expressões comumente utilizadas para indicar as localidades.

Um outro ponto trabalhado pelas autoras, em relação as etapas do desenvolvimento da cidade, diz respeito a década de 1960, que:

(...) foi marcada por um segundo momento histórico/econômico de destaque em Três Lagoas com o início da construção da Usina Hidrelétrica de Jupia em 1964 e outras empresas também se instalaram no município trazendo

trabalhadores, muitas vezes, acompanhados de suas famílias (Delcol; Milani, 2022, p. 94).

Foi este um momento em que se tem uma primeira expansão demográfica em Três Lagoas, com um aumento de aproximadamente 30.000 pessoas entre 1960 e 1970 (Delcol; Milani, 2022). A partir deste momento da história da cidade, começam os incentivos voltados para a industrialização, como apontam as autoras, no entanto a produção espacial e o crescimento populacional entre 1970 e 1990 não foi tão intenso quanto o anterior. É a partir da década de 1990, e principalmente 2000, que se tem um crescimento acelerado da população e da malha urbana. Sendo o crescimento entre a década de 1990 (68.162 pessoas) e 2000 (79.059 pessoas) de aproximadamente 10.000 pessoas (IBGE, 1991; 2000). E entre as décadas de 2000 (79.059 pessoas) e 2010 (101.791 pessoas), de aproximadamente 22.000 pessoas (IBGE, 2000; 2010).

Convém destacar que ao longo de sua história, a economia de Três Lagoas esteve muito atrelada a pecuária, no entanto, Milani (2012, p. 49) aponta que “a atividade pecuária vem sendo substituída pelo monocultivo de eucalipto, matéria-prima que abastece duas indústrias de papel e celulose no município”. Neste sentido, convergindo com o exposto anteriormente em relação à economia e o processo de industrialização e urbanização da cidade:

(...) é possível verificar em Três Lagoas a transição de uma economia baseada na pecuária para uma economia também urbano-industrial. Ainda que urbanização e industrialização sejam processos distintos, há uma profunda imbricação entre ambos, já que o processo de industrialização ao definir a urbanização contribui para a ampliação expressiva dos papéis urbanos. A partir de então, verifica-se uma nova forma de produzir o espaço urbano de Três Lagoas, bem como o aumento da complexidade social (Delcol; Milani, 2022, p. 90).

De tal modo, a cidade experienciou um aumento populacional significativo nas últimas décadas, como mencionado anteriormente, decorrente do processo de industrialização que teve como propulsor as empresas do setor de papel e celulose (Delcol; Milani, 2022), que investiram “(...) em loteamentos e construções em espaços vazios urbanos” (Santos; Carvalho, 2011, p. 97). Nesta perspectiva:

A dinâmica intraurbana que marca o processo de reestruturação da cidade de Três Lagoas foi intensificada com as rápidas transformações econômicas que se expressam por meio das formas flexíveis de produção. Dessa forma vê-se que o acelerado processo de industrialização modificou a dinâmica territorial intra e interurbana da cidade (Milani, 2012, p. 101).

Neste sentido, em pouco mais de uma década, entre 2010 e 2022, houve um aumento populacional de 101.791 (IBGE, 2010) para 132.152 pessoas (IBGE, 2022), ou seja, um crescimento populacional de aproximadamente 30.361 pessoas. Decorrente do significativo crescimento no número de habitantes, houve a necessidade de implementação de moradias para atender a demanda habitacional que se estabeleceu. Desta forma:

O aumento significativo no número de pessoas que migraram para Três Lagoas ocorreu através da acentuação do êxodo rural no próprio município, como também o movimento de trabalhadores moradores das cidades circunvizinhas e outras localidades, todos em busca de emprego e novas oportunidades de trabalho (Delcol; Milani, 2022, p. 97).

Consolidam-se neste movimento de expansão, novas áreas habitacionais construídas, tanto associadas as moradias populares (conjuntos habitacionais, a título de exemplo), quanto a espaços residenciais fechados², intensificando o processo de segregação socioespacial condicionada e de autosegregação na cidade (Almeida e Milani, 2021). Assim, “(...) a periferia se expandiu em dois sentidos, uma periferia ocupada por loteamentos fechados de médio e alto status social (área norte) e outra periferia de conjuntos habitacionais populares (sul e sudoeste)” (Delcol; Milani, 2022, p. 101). Neste mesmo sentido, ocorreu ao longo dos anos no movimento de produção do espaço em Três Lagoas, a implantação de três residenciais fechados a sudeste da cidade.

Destarte, o espaço urbano de Três Lagoas passou por significativa expansão ao longo dos anos determinados como recorte temporal da pesquisa (2013, 2018 e 2023), levando a indagação dos rebatimentos que ocorreram no clima urbano da cidade, uma vez que inerente a esse crescimento, se deu a alteração do sítio urbano para a implementação de novas áreas construídas. Nesse processo de expansão, algumas características marcantes podem ser evidenciadas, dentre elas, principalmente, a impermeabilização dos solos e a utilização de materiais construtivos inadequados que, em uma articulação da dinâmica urbana e atmosférica, proporcionam a geração de ilhas de calor e situações de desconforto térmico (Amorim, 2010).

² Utilizou-se a expressão “espaços residenciais fechados”, assim como Sposito e Góes (2013, p. 61), que trataram de espaços semelhantes. Essa terminologia designa todos os empreendimentos residenciais horizontais murados e controlados por sistemas de segurança, ainda que haja diferenças entre eles, tanto do ponto de vista jurídico, como dos elementos – físicos e simbólicos – que os caracterizam.

2.2 Aspectos geocológicos

Compreender os aspectos geocológicos do sítio urbano em que se situa a área urbana da cidade estudada é de suma importância para entender a dinâmica do clima urbano de uma tal localidade, uma vez que “um clima local diversifica-se inicialmente ao nível de sua compartimentação geocológica (...)” (Monteiro, 2011, p. 35), e isto interfere na forma como os diferentes tipos de tempo irão incidir sobre o espaço urbano.

De tal maneira, para a compreensão dos aspectos geocológicos do sítio urbano em que se situa a área urbana trabalhada, é fundamental a discussão de sua classificação climática, uma vez que as dinâmicas atmosféricas vão se articular ao sítio urbano em seus diferentes aspectos na formação de um clima urbano.

A classificação climática utilizada para compreender o clima que incide sobre Três Lagoas é a de Novais (2023), que classifica o clima a partir de uma divisão em 5 hierarquias climáticas: Zonas Climáticas; Climas Zonais; Domínios Climáticos; Subdomínios Climáticos; e Tipos Climáticos.

A Zona Climática, como evidenciado por Novais (2023, p. 15), está atrelada ao fato de que “(...) a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de órbita ao redor do Sol, diferencia a altura solar na superfície terrestre, sendo mais evidenciada durante os solstícios”. De tal modo, o autor aponta que as Zonas Climáticas são delimitadas a partir das seguintes linhas imaginárias de incidência solar: Equador; Subequadores; Trópicos; Subtrópicos; e Círculos Polares. De tal maneira, a partir da localização frente as linhas imaginárias, Novais (2019) define as Zonas Climáticas enquanto: Tórrida; Quente; Moderada; Fria; e Polar.

A região em que Três Lagoas se insere, no estado de Mato Grosso do Sul, é referente a Zona Climática Quente, a qual “(...) localiza-se entre o Subequador Meridional e o Trópico Meridional (ou de Capricórnio) diferenciando-se da anterior pela altura solar, que é mais baixa no solstício de inverno, provocando queda de temperatura”.

Os Climas Zonais, como consta em Novais (2023) são caracterizados a partir da Temperatura média do mês mais frio (TMMMMF), e estão divididos em: Polar; Frio; Moderado; Quente; Tórrido; e Azonal. Três Lagoas está inserida no Clima Zonal Quente, no qual a TMMMMF fica entre 15 e 22,5 °C (Novais, 2023).

O Domínio, como é apontado por Novais (2023, p. 18), “(...) tem na TMMMMF seu principal atributo, mas sistemas atmosféricos podem diferenciá-los de outros com a mesma

característica. É o caso da ZCIT³, que individualiza os domínios Equatorial e Tropical, da mesma TMMMF”, sendo pertinente contextualizar que, diferentemente dos Climas Zonais, que também são caracterizados a partir da TMMMF, os Domínios estão atrelados a escala regional. O autor define os Domínios Climáticos do Brasil em: Equatorial; Equatorial Ameno; Tropical; Tropical Ameno; Subtropical; Temperado; Semiárido; e Árido. Quanto aos Subdomínios e Tipos Climáticos, o autor contextualiza que “os domínios são divididos em Subdomínios de acordo com a quantidade de meses secos, tornando-os úmidos ou mais secos. Já os Tipos climáticos mostram a localização dos domínios e subdomínios dentro do continente (...)” (Novais, 2023, p. 19).

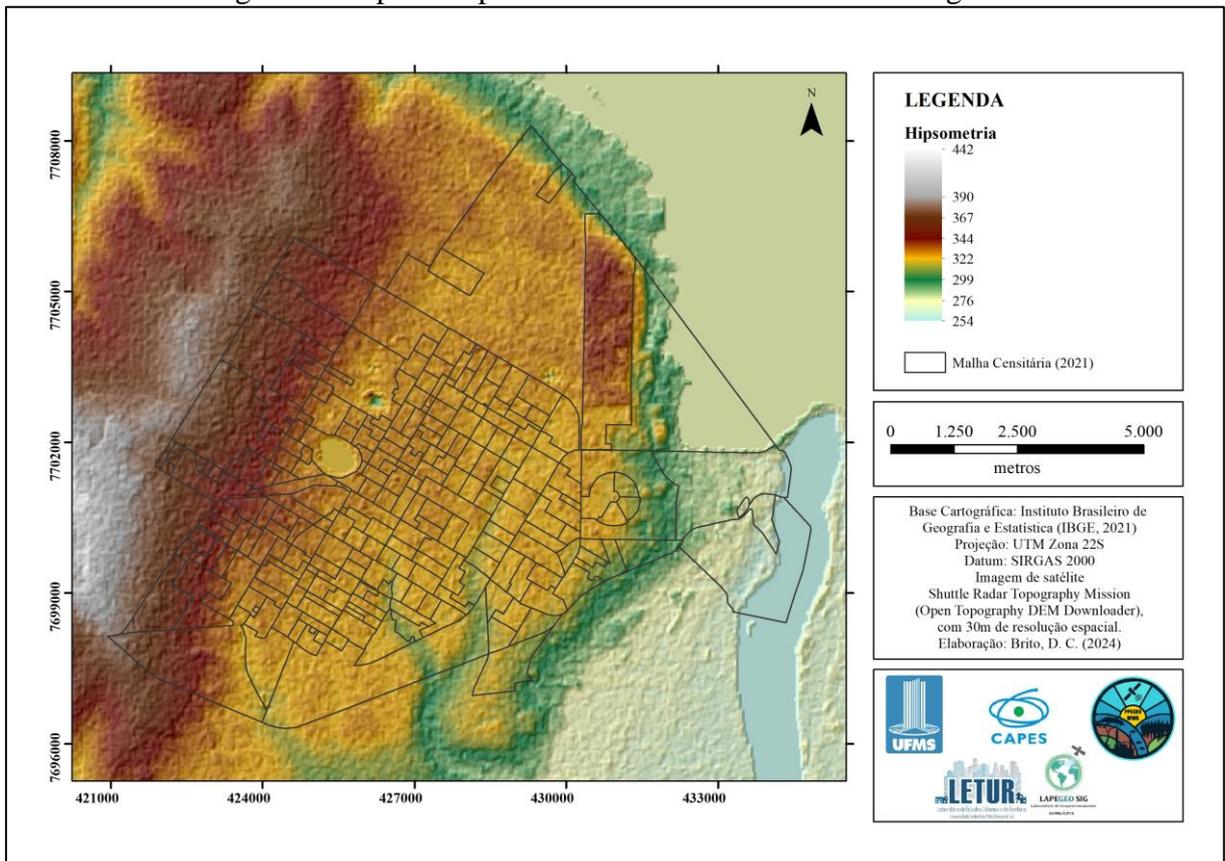
Três Lagoas está localizada na região de Mato Grosso do Sul em que predomina o Domínio climático brasileiro Tropical e Subdomínio semisseco (6 a 7 meses secos) e tipo climático Centro-Sul do Brasil. Sobre o Domínio Tropical, convém destacar, a partir de Novais (2023, p. 27) que “(...) no centro do país, onde está presente o bioma Cerrado, tem como característica principal a sazonalidade da precipitação, gerando duas “estações”, uma seca de inverno e outra úmida de verão”. De tal maneira, Três Lagoas é caracterizada por um clima Tropical semisseco, do Centro-Sul do Brasil, cuja TMMMF varia entre 18,0 e 24,6 °C, com precipitação média anual variando entre 853 a 2042 mm, com 6 a 7 meses secos, segundo a classificação de Novais (2023).

Tendo em vista o clima que incide sobre a região do recorte espacial determinado para a pesquisa, convém destacar que a análise abrange o período de inverno da cidade (julho, agosto e setembro), onde há predominância de um tempo ameno e seco devido a atuação da Massa Polar Atlântica (mPa), que traz para a região suas características. A opção pelo período de inverno, se assenta no fato de, por ser um período seco na região, é característico que haja menor presença de nebulosidade na atmosfera – o que auxilia a obtenção das imagens termais, uma vez que são reduzidas as chances de haver cobertura de nuvens nas imagens de satélite trabalhadas.

A área urbana de Três Lagoas, conforme pode-se observar na Figura 5, tem sua hipsometria variando entre 254 e 442 metros. O interior da malha urbana, de modo geral, se encontra entre 315 e 340 metros, não havendo grande variação ao longo da cidade. De tal modo, a hipsometria do sítio urbano é um ponto importante a ser considerado nos estudos de clima urbano, uma vez que se trata de um fator que incide sobre o clima e os diferentes tipos de tempo que atuam sobre o espaço.

³ Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.

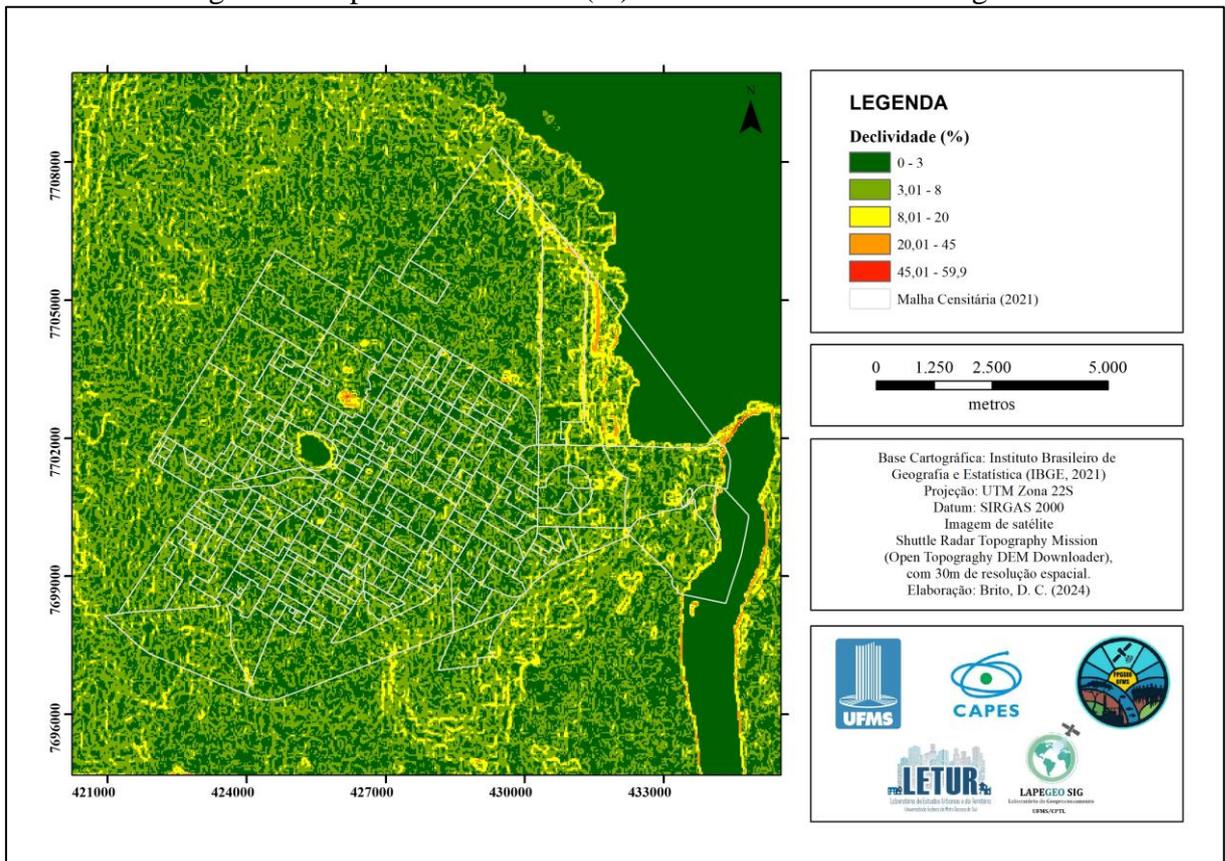
Figura 5: Mapa de hipsometria da área urbana de Três Lagoas.



Fonte: O autor (2025).

Em relação a declividade, na área urbana de Três Lagoas há o predomínio de um relevo plano e levemente ondulado (EMBRAPA, 1979), conforme consta na Figura 6. Sua declividade resulta em problemas intraurbanos relacionados ao escoamento das chuvas e alagamentos (Almeida, 2018) em diferentes partes da cidade, uma vez que, em episódios de chuvas intensas, a característica de um espaço plano e levemente ondulado da cidade diminui o ritmo com que a água tende a escoar e permite a acumulação de “poças” em diferentes áreas da cidade.

Figura 6: Mapa de declividade (%) da área urbana de Três Lagoas.

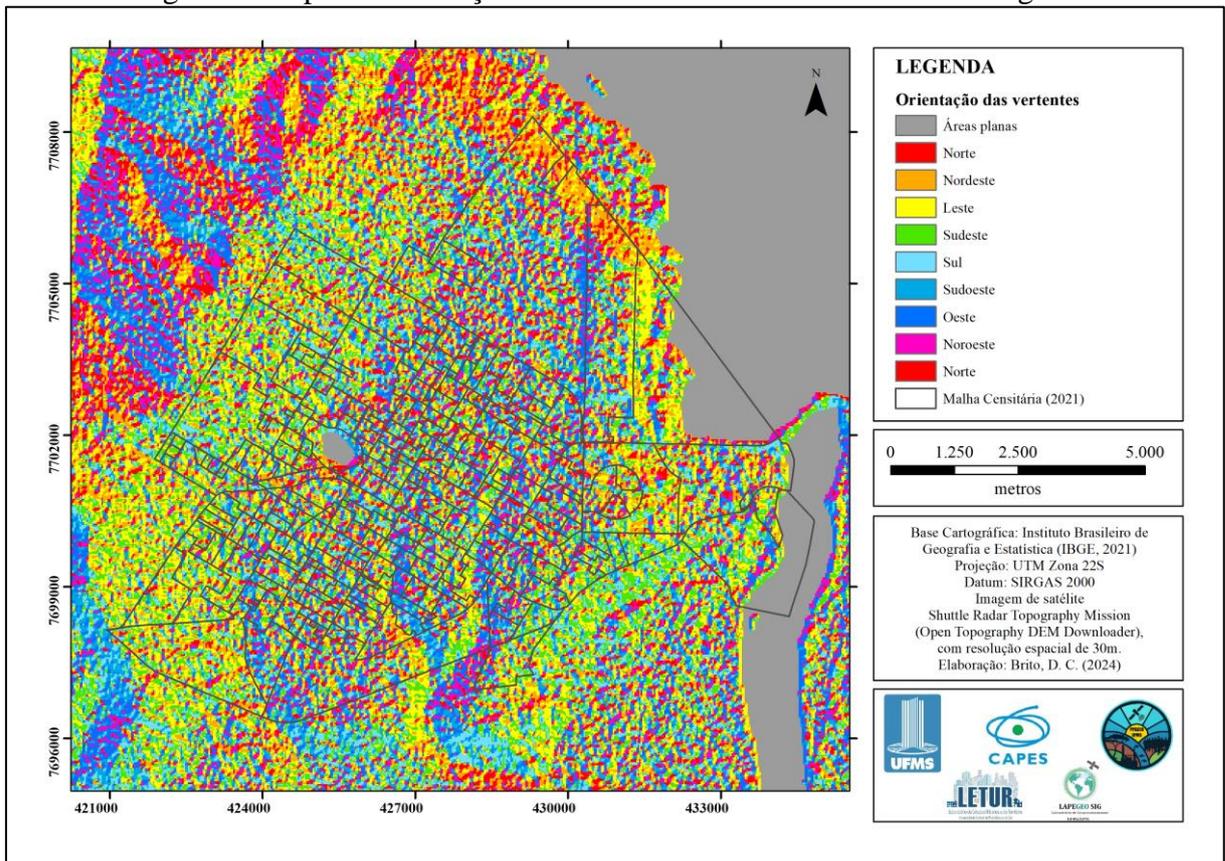


Fonte: O autor (2025).

A orientação de vertentes da área urbana de Três Lagoas pode ser observada na Figura 7. No mapeamento da orientação de vertentes, foi identificada a exposição de vertentes voltadas a norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste.

Um ponto interessante a ser destacado é a pouca presença de vertentes voltadas a norte, levando em consideração que “no hemisfério sul, especialmente no inverno, vertentes voltadas para norte recebem maior incidência de radiação solar, e por isso, se apresentam potencialmente mais aquecidas” (Moreira, 2016, p. 61). De maneira geral, na cidade predominam vertentes voltadas a leste, com manchas de vertentes direcionadas a oeste ao longo da malha urbana. Convém destacar que, ao levar em consideração as características do relevo plano, a orientação das vertentes pode vir a ter menor importância no que tange a sua influência no clima urbano.

Figura 7: Mapa de orientação de vertentes da área urbana de Três Lagoas.



Fonte: O autor (2025).

Em relação a hidrografia de Três Lagoas, a cidade encontra em seus limites a oeste o Rio Paraná, e a norte o Rio Sucuriú. Em sua área intraurbana, é notável a presença das três lagoas, que dão nome a cidade, sendo a lagoa maior um ponto turístico atrativo da cidade, localizada nas proximidades do centro. Além disso, na porção sul da cidade, está localizado o Córrego da Onça, marcado pela presença de vegetação densa em seu entorno.

Essa caracterização dos aspectos geocológicos do sítio urbano de Três Lagoas indica a predominância de baixas altitudes, em uma média de 330 metros, e um relevo de declividade plana e levemente ondulada, com a orientação de vertentes predominante a oeste na maior parte da malha urbana. Esses são aspectos que incidem sobre a conformação do clima urbano da cidade, em uma relação com os aspectos urbanos, que serão apontados na próxima seção.

2.3 Aspectos urbanos

Os aspectos urbanos são fundamentais no estudo do clima urbano de uma cidade, por caracterizarem o espaço intraurbano a partir de elementos particulares que se desenvolvem atrelados ao movimento da realidade local, inerente a dinâmica da produção do espaço e sua organização espacial. Neste sentido, “como aspectos urbanos devem ser destacados o uso do solo, presença de edificações, áreas verdes e espaços abertos (...)” (Silveira; Sartori, 2011, p. 2), além da “(...) densidade de construção, de pavimentação (...)”, como apontam Alves e Mariano (2016, p. 320).

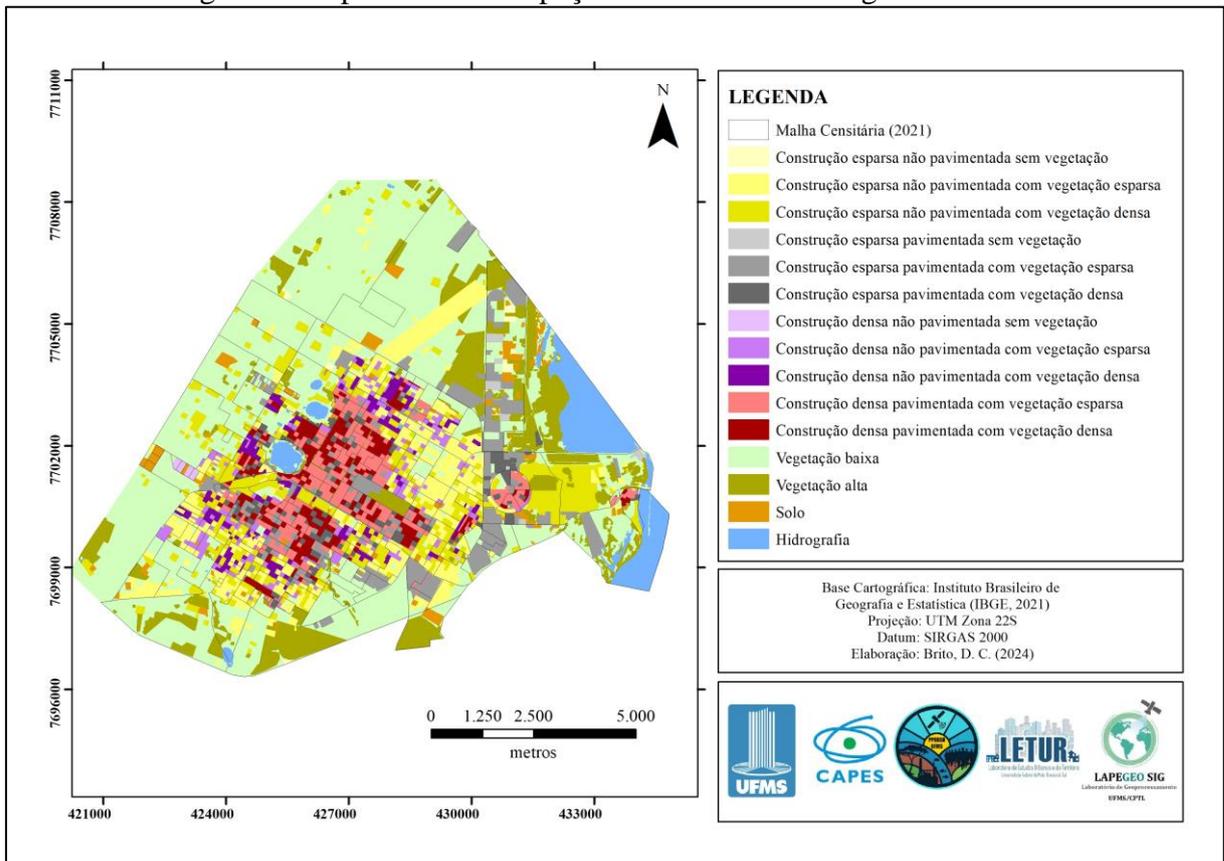
O uso e ocupação do solo de Três Lagoas de 2013 (Figura 8), elaborado com o enfoque no estudo da produção do clima urbano, levando em consideração as características da cidade, aponta para uma maior densidade construtiva na área central, e um espraiamento de áreas de construção esparsa para as áreas mais distantes do centro, sendo, em sua maioria, não pavimentadas, principalmente a sul e leste – justamente ocupadas pela população de menor renda, comparado à área norte da cidade, por exemplo.

Além disso, é notável a presença acentuada de vegetação baixa no entorno da cidade, o que, no inverno, um período seco, de estiagem, conforma uma vegetação seca, com menor capacidade de evapotranspiração, o que culmina em uma menor diferença no que toca as temperaturas da superfície entre o urbano e o entorno rural.

É perceptível também a presença de solos expostos ao longo da área urbana de Três Lagoas, que tendem a proporcionar uma temperatura mais elevada ao longo do dia, no entanto, durante a noite, liberam calor mais rápido do que materiais construtivos como o concreto, devido a sua reduzida inércia térmica⁴ em comparação ao concreto.

⁴ Entendida enquanto a “(...) capacidade do material de reter calor” (Dumke, 2007, p. 119).

Figura 8: Mapa de uso e ocupação do solo de Três Lagoas em 2013.

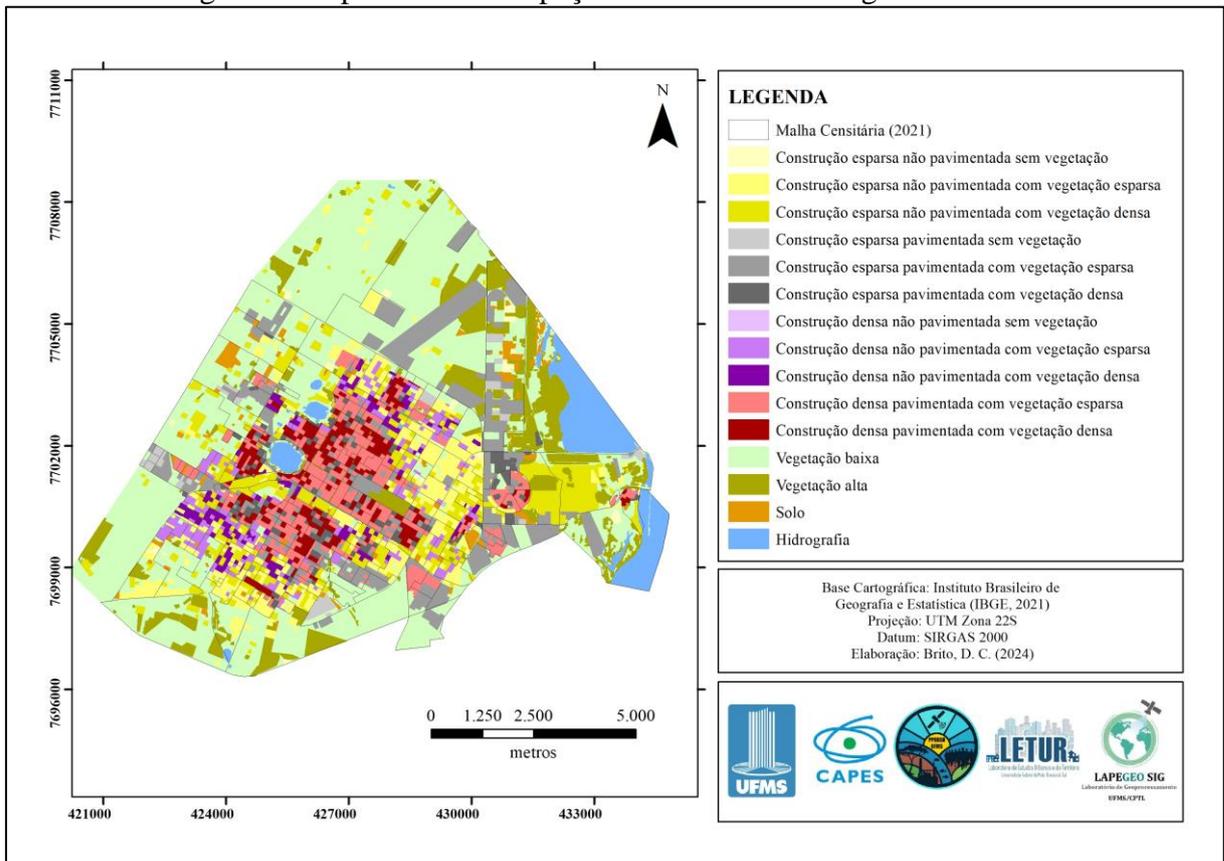


Fonte: O autor (2025).

Em relação a 2018, o uso e ocupação do solo de Três Lagoas aponta para um adensamento das construções nas porções leste, oeste, sudoeste e sudeste da malha urbana, como é possível apreender por meio da Figura 9. Além disso, é possível observar o surgimento de novas áreas construídas, que serão trabalhadas a fundo no Capítulo 4, mas que estão muito associadas as áreas de novas habitações – como discutido anteriormente, relacionadas ao crescimento populacional da cidade. No entanto, é perceptível a permanência de classes de construção esparsa não pavimentada a sul e leste da cidade.

A sudoeste, é possível observar um adensamento de construções não pavimentadas, e também o surgimento de novas áreas construídas esparsas e pavimentadas, nos loteamentos que se encontram entre o limite da malha censitária e o restante da malha urbana.

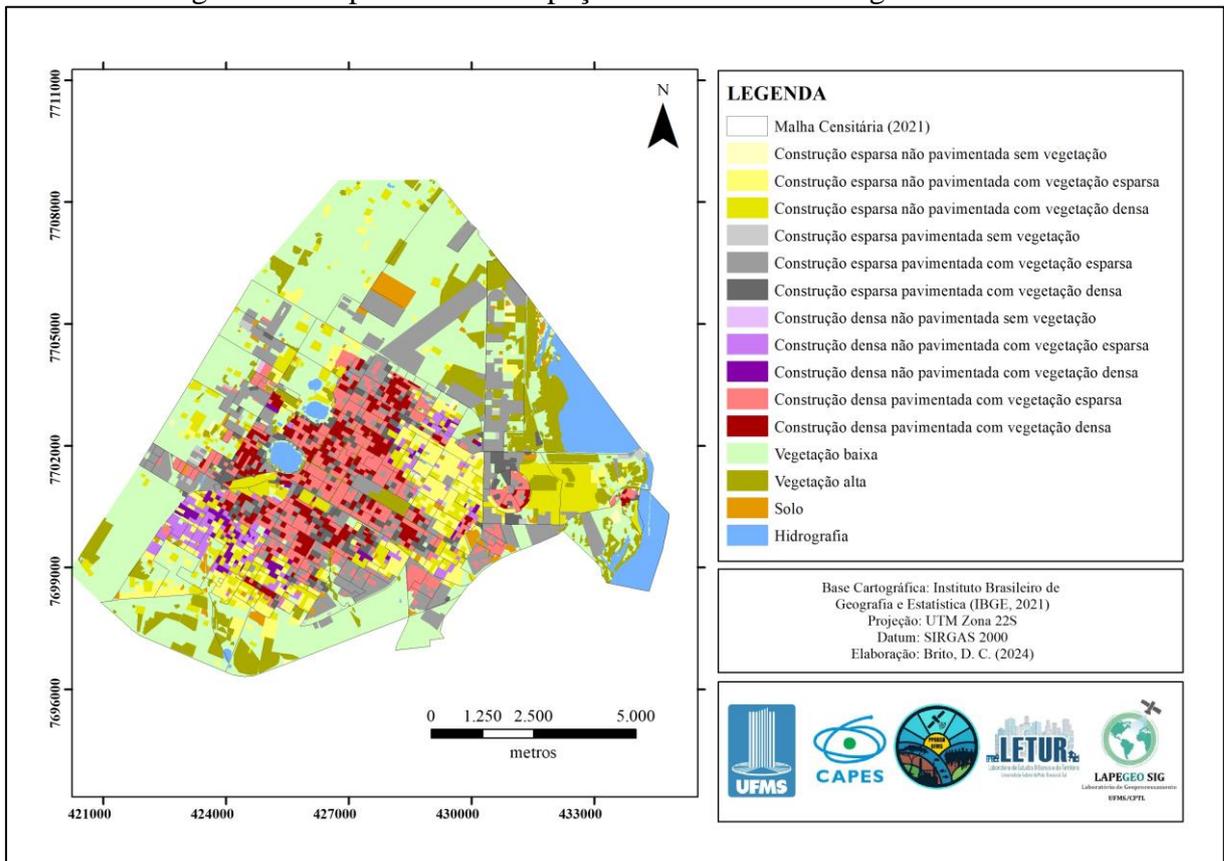
Figura 9: Mapa de uso e ocupação do solo de Três Lagoas em 2018.



Fonte: O autor (2025).

O uso e ocupação do solo de Três Lagoas de 2023, como consta na Figura 10, apresenta a pavimentação de áreas construídas esparsas ao norte da malha urbana. Além disso, pode-se observar o surgimento de novas áreas construídas esparsas e pavimentadas a sul e a oeste, também associadas a produção de habitações, vinculada as ações de agentes produtores imobiliários. É notável também a permanência de áreas de construções esparsas não pavimentadas a leste, próximas a área central, e também no sul da cidade, próximo as bordas da área urbana.

Figura 10: Mapa de uso e ocupação do solo de Três Lagoas em 2023.



Fonte: O autor (2025).

As mudanças no uso e ocupação do solo de Três Lagoas e o surgimento de novas áreas construídas serão trabalhados a fundo na seção referente aos resultados e análise. Aqui, a intencionalidade é de realizar a uma breve apresentação sobre as mudanças ocorridas entre 2013, 2018 e 2023 de maneira geral no espaço urbano de Três Lagoas, com o intuito de apontar o sentido da expansão das áreas construídas, e as áreas que se mantiveram sem crescimento do tecido urbano, tanto no sentido de novas construções, quanto de implementação de infraestrutura (pavimentação).

No capítulo seguinte será realizada uma discussão teórica sobre os conceitos que embasam este trabalho e dão sentido a análise. Assim, será discutida a produção do clima urbano por meio do processo de produção do espaço urbano e sua organização espacial (Corrêa, 1989), e o clima urbano com base no Sistema Clima Urbano (Monteiro, 1976), especificamente o subsistema termodinâmico.

3 A PRODUÇÃO DO ESPAÇO E DO CLIMA URBANO

A intencionalidade desse capítulo está em realizar uma discussão em relação a base teórica sobre a qual está sustentada a pesquisa. De tal modo, busca-se articular a produção do espaço urbano a partir da organização espacial, à proposta teórico-metodológica de Monteiro (1976), o Sistema Clima Urbano.

Para isso, o capítulo está dividido nos seguintes subcapítulos articulados: a produção do espaço; e a produção do clima urbano. Em um primeiro momento é fundamentado o entendimento sobre a produção do espaço, articulando os autores que embasam o trabalho. Então a discussão é afinada com base na ação dos agentes produtores do espaço, para entender como incidem sobre a realidade local na produção de um clima urbano. E a partir dessa compreensão, é feita uma discussão teórica sobre o conceito de organização espacial, no âmbito da análise de temperatura superficial no clima urbano.

Em um segundo momento do capítulo, é realizada uma revisão teórica acerca do clima urbano a partir dos autores que dialogam com a perspectiva do trabalho. De tal modo, busca-se discutir o clima urbano a partir da realidade local, com base na caracterização realizada na pesquisa. E então, por fim, é feita a discussão sobre as ilhas de calor de superfície, uma vez que a análise multitemporal da pesquisa está assentada na perspectiva da incidência da organização espacial no clima urbano a partir da temperatura superficial.

3.1 A produção do espaço em Três Lagoas

No recorte de pesquisa, propõe-se a traçar um diálogo entre a Geografia Urbana e a Climatologia Urbana, especificamente por meio da produção do espaço e a configuração de um clima urbano. Neste capítulo, o esforço está no sentido de compreender a produção do espaço de Três Lagoas no âmbito da organização espacial, para que seja possível, em articulação ao SCU (Monteiro, 1976), identificar a produção do clima urbano na área de estudo a partir de uma análise multitemporal (2013, 2018 e 2023).

A cidade é apontada por Corrêa (1989, p. 5), enquanto um espaço onde por um lado “(...) vive parcela crescente da população”, e por outro lado “(...) o lugar onde os investimentos de capital são maiores, seja em atividades localizadas na cidade, seja no próprio urbano, na produção da cidade”.

A dualidade expressa pelo autor nos aponta para uma coexistência entre a função social da cidade ao abordar tanto o viver diário das pessoas na cidade, quanto os investimentos de capitais – tendo em vista que a produção do espaço urbano está inserida no modo de produção capitalista, conseqüentemente tendo seu desenvolvimento inerente e articulado ao acúmulo de capitais que se realizam no processo de produção da cidade.

Sendo assim, ao passo que a população tem na cidade seu espaço de moradia, trabalho, consumo, etc., a forma que a cidade toma em seu processo de construção histórica (no período contemporâneo) está diretamente vinculada à tendência de acumulação de capital e a ação dos agentes produtores. No entanto, é importante compreender que a própria sociedade é parte desta contradição inerente a produção do espaço; neste sentido o espaço é produto e condição da reprodução social.

O espaço urbano, como aponta Corrêa (1989, p. 6):

(...) pode ser analisado como um conjunto de pontos, linhas e áreas. Pode ser abordado a partir da percepção que seus habitantes ou alguns de seus segmentos têm dele e de suas partes. Outro modo possível de análise considera-o como forma espacial em suas conexões com estrutura social, processos e funções urbanas. Por outro lado, ainda, o espaço urbano como qualquer outro objeto social, pode ser abordado segundo um paradigma de consenso ou de conflito.

Ao trabalhar com a chave analítica da produção do espaço da cidade há uma série de possibilidades de análise, desde a forma como os habitantes a percebem em sua vivência socioespacial, até os desdobramentos que a forma espacial tem na realidade dos habitantes que a vivenciam, tendo em vista que as pessoas não vivenciam de forma igual o espaço urbano – inúmeras variáveis condicionam o cotidiano, sobretudo pelas diferenças socioeconômicas, visto que “(...) a produção do espaço urbano tem caráter sob a dimensão da sociedade de classes, marcadamente desigual, que produz espaços desiguais” (Nardoque, 2007, p. 317).

No caso desse trabalho, a análise está direcionada no sentido de entender como se expressam as relações entre a forma espacial, promovida principalmente pelas ações dos agentes produtores do espaço urbano e a produção do clima urbano (sem deixar de lado os processos e contradições que se articulam na organização espacial da cidade, configurando e modificando ao longo do tempo as formas espaciais).

Para isso entende-se que as alterações resultantes da ação antrópica estão envolvidas no SCU, dentre estas “(...) os materiais construtivos, a forma, a densidade, os tipos de poluentes emitidos, além, das técnicas utilizadas no processo de urbanização” (Ugeda Júnior, 2011, p. 66).

Para falar em espaço urbano, Corrêa (1989, p. 7) parte da forma da cidade e sua divisão em conjuntos de diferentes usos do solo justapostos entre si, indicando que:

(...) tais usos definem áreas, como o centro da cidade, local de concentração de atividades comerciais, de serviços e de gestão, áreas industriais, áreas residenciais distintas em termos de forma e conteúdo social, de lazer e, entre outras, aquelas de reserva para futura expansão.

É a partir desta compreensão que se pode discutir a organização espacial da cidade, suas formas espaciais e características construtivas, para articular o modo como as temperaturas de superfície se manifestam e são produzidas nas diferentes áreas.

O processo de produção do espaço da cidade é inerente a ação humana e suas intencionalidades, sendo assim, não há produção do espaço sem agentes que o produzam intencionalmente e transformem as formas (construções, vias, etc.) a partir do trabalho sobre uma parcela da superfície terrestre (Nardoque, 2007), ou seja, há “(...) uma interação e integração entre o homem e a natureza através do trabalho; o homem se apropria da natureza, para produzir e se reproduzir” (Ugeda Júnior, 2011, p. 64). Desdobrando a afirmação do autor, utiliza-se aqui a ideia e noção de sociedade para designar as pessoas que se relacionam com a natureza, uma vez que no atual contexto, é necessário compreender a produção do espaço urbano e suas diferentes apropriações pela sociedade dividida em classes sociais.

Neste sentido, como apontado, para a discussão da produção do clima urbano, compreender o uso e ocupação do solo é de suma relevância para analisar os padrões construtivos, a densidade das construções e a presença de vegetação que se encontram nas diferentes porções da cidade em que se concentram as maiores temperaturas, bem como as áreas com maior possibilidade de amenização das temperaturas.

De modo geral, a cidade de Três Lagoas, apresenta a produção do espaço mais extensiva do que intensiva/verticalizada, o que pode indicar particularidades na formação do clima urbano, com alguns aspectos diferentes da metrópole, por exemplo – com áreas intensamente verticalizadas.

Deste modo, os diferentes usos do solo que compõem a cidade vão determinar a sua organização espacial (Corrêa, 1989), compartimentando as diferentes áreas de acordo com a sua função. Se por um lado o espaço urbano em sua organização espacial está dividido em função dos usos do solo, por outro lado as partes que compõem o todo estão articuladas, pela mobilidade intraurbana diária de pessoas, informações, etc. As áreas residenciais, por sua vez, vão acomodar sujeitos sociais que, em suas práticas espaciais, se deslocam em meio a cidade seja para trabalhar, estudar, consumir, lazer, etc.

Assim, tem-se o que Corrêa (1989, p. 8) chama de relações espaciais, que “(...) integram, ainda que diferentemente, as diversas partes da cidade, unindo-as em um conjunto articulado cujo núcleo de articulação tem sido, tradicionalmente, o centro da cidade”. Segundo Nardoque (2007, p. 316):

(...) é necessário levar em consideração, na compreensão da produção do espaço urbano materializado na cidade, o movimento realizado entre o construído e o não-construído, mediatizado pelo deslocamento dos homens e das mercadorias e das marcas deixadas no espaço, refletindo momentos históricos diferentes, justamente na articulação entre o velho e o novo”.

As relações espaciais têm papel fundamental na articulação da organização espacial, à medida que são inerentes a todo o processo de produção do espaço urbano. Relações espaciais com mais ou menos intensidade permitem identificar questões espaciais como, por exemplo, a questão do uso (ou não) de determinados espaços públicos.

Corrêa (1989, p. 8) vai indicar também que o espaço urbano em sua complexidade se revela enquanto reflexo da sociedade, à medida que “(...) é um reflexo tanto de ações que se realizam no presente como também daquelas que se realizaram no passado e que deixaram suas marcas impressas nas formas espaciais do presente”, ou seja, o que foi construído permanece no espaço e condiciona as novas ações. Neste sentido:

A configuração espacial condiciona, de um lado, a ocorrência das ações e, de outro lado, o conjunto de ações leva à criação de uma nova forma ou configuração espacial, que pode se realizar sobre as formas preexistentes. É nessa confluência que se encontra a dinâmica da transformação socioespacial, a cada intervenção ou ação a forma se (re)cria. (Calixto, 2009, p. 221).

Uma vez inserido no modo de produção capitalista, o espaço urbano reflete as crises e contradições inerentes a esse sistema econômico, manifestando e intensificando desigualdades no acesso à moradia, as infraestruturas, à mobilidade, e também ao conforto térmico – entendido aqui enquanto “(...) a zona delimitada por valores térmicos em que o maior número de pessoas manifeste sentir-se bem” como destaca García (1996 *apud* Amorim, 2011, p. 3) –, ao passo que a população, nas diferentes classes sociais que compõem a cidade, vivencia o clima urbano de maneira desigual, com diferentes possibilidades de lidar com os diferentes tipos de tempo e seus rebatimentos (Sant’Anna Neto, 2011).

Sobre este último ponto, Ugeda Júnior (2011, p. 67) discute que “(...) as alterações climáticas que configuram o clima urbano surgem devido à forma como a cidade é construída, e mais ainda, devido aos interesses sociais e econômicos por traz do avanço das cidades”.

Compreende-se assim que há uma relação entre a organização espacial e a produção do clima urbano, que é mediada pelos interesses sociais e econômicos inerentes a produção da cidade.

Monteiro (2011, p. 21) articula que:

(...) não deve haver confusão quanto aos fenômenos sociais e econômicos (especialmente estes últimos) que, em relações invisíveis em espaços relativos, contribuem para aumentar o dinamismo e complexidade da cidade. Toda essa atividade se reflete e repercute indiretamente no sistema em foco através de sua expressão concreta (não poderia dizer física porque o uso do solo urbano reflete elementos de natureza diferentes).

Sobre a organização espacial e a forma que toma a cidade, Pereira (2006, p. 129) elucida que “a partir das distintas formas de uso, apropriação e consumo do espaço urbano produzem-se e reproduzem-se as diferenças socioespaciais, reafirmando um espaço dividido, segmentado e fragmentado (...)”, resultando nas desigualdades que se manifestam entre as classes na cidade e, isso se evidencia também do ponto de vista climático.

Deste modo, o acesso (ou não) a materiais construtivos que tenham capacidade de amenizar as temperaturas, como por exemplo a cobertura de cerâmica que absorve menos calor do que coberturas de fibrocimento (Mello; Martins; Sant’Anna Neto, 2009), vai ser um fator importante para pensar nas condições de reprodução da sociedade e da cidade, uma vez que “espaços desiguais potencializam os efeitos do clima, que se manifestam, também, de forma desigual” (Sant’anna Neto, 2011, p. 47). Combinado ao acesso à materiais construtivos, há as questões diárias de como as pessoas de diferentes classes sociais vivenciam o clima da e na cidade, isso está relacionado ao tipo de transporte, se usa carro climatizado ou bicicleta por exemplo, este exposto às altas e baixas temperaturas. Se há recursos para climatizar a casa (ou apartamento) e manter isso em funcionamento (devido à conta mensal de energia), enfim são alguns dos elementos que caracterizam e reforçam as diferenças diárias, que se transformam em desigualdades – mais uma dentre tantas que marcam a sociedade urbana.

3.1.1 Agentes produtores do espaço e suas relações com a produção do clima urbano

Tendo em vista o que é o espaço urbano, é pertinente pensar em quem e com qual finalidade o produz. Corrêa (2017, p. 43) articula que o espaço urbano capitalista é “(...) consequência da ação de agentes sociais concretos, históricos, dotados de interesses, estratégias e práticas espaciais próprias, portadores de condições e geradores de conflitos entre eles e

mesmos com outros segmentos da sociedade”. Como apontado anteriormente, o espaço urbano está inserido no modo de produção capitalista e conseqüentemente segue a lógica de acumulação de capital – ponto importante para desdobrar a discussão, tendo em vista que os agentes produtores do espaço urbano atuam em meio a este cenário e suas complexas ações estão diretamente articuladas a acumulação de capital. Neste sentido, Calixto (2009, p. 227) dialoga que:

(...) o processo de produção e apropriação do espaço urbano é caracterizado por uma dinamicidade e por um certo grau de articulação. Apesar de cada uma das dinâmicas apresentar singularidades ou especificidades, elas resultam da atuação/intervenção de diferentes agentes que, ao mesmo tempo em que desempenham papéis diferenciados, estão articulados entre si.

A organização espacial e a forma que a cidade assume estão articuladas a ação desses agentes sociais que produzem o espaço urbano. Há, portanto, um processo de constante mudança na organização espacial, com base nas articulações dos agentes ao longo do tempo no espaço. Deste modo:

A complexidade da ação dos agentes sociais inclui práticas que levam a um constante processo de reorganização espacial que se faz via incorporação de novas áreas ao espaço urbano, densificação do uso do solo, deterioração de certas áreas, renovação urbana, relocação diferenciada da infraestrutura e mudança, coercitiva ou não, do conteúdo social e econômico de determinadas áreas da cidade (Corrêa, 1989, p. 11).

A articulação dos agentes na reorganização espacial pode vir a refletir na produção do clima urbano à medida que há, por exemplo, densificação do uso do solo e incorporação de novas áreas, uma vez que “no seu processo de expansão territorial, a cidade absorve progressivamente parcelas do território, produzindo assim mais terrenos para a cidade, permitindo a reprodução da própria cidade” (Spósito, 1991, p. 53) – introduzindo novos padrões construtivos e infraestruturas, além de novos loteamentos, que podem intensificar a formação de ilhas de calor de superfície⁵ nessas áreas. Neste sentido:

(...) sob o modo capitalista de produção, as determinantes que convergem para que se dê a produção e comercialização de mercadorias, inclusive terrenos, moradias, escritórios, imóveis enfim, o que se consubstancia na própria produção territorial da cidade são definidas pelas ações e interesses dos que realizam esta produção (Spósito, 1991, p. 46).

⁵ Será desenvolvida a ideia sobre ilhas de calor de superfícies no tópico 3.2.1 Ilhas de calor de superfície. No entanto, são entendidas aqui enquanto áreas em que se concentram elevadas temperaturas superficiais, sendo a diferença da temperatura superficial urbana em relação a do rural próximo (Oke *et al.* 2017).

Os agentes produtores do espaço urbano delimitados por Corrêa (2017) são os proprietários dos meios de produção, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários, o Estado, e os grupos sociais que o autor designa de excluídos, com base na realidade do Rio de Janeiro, considerando a conformação das favelas.

A forma de agir destes agentes é permeada por intencionalidades ligadas a lógica do capital (a acumulação) e limitada por um marco jurídico que regula suas atuações (Corrêa, 1989), no entanto “este marco não é neutro, refletindo o interesse dominante de um dos agentes, e constituindo-se, em muitos casos, em uma retórica ambígua, que permite que haja transgressões de acordo com os interesses do agente dominante” (Corrêa, 1989. p. 12).

Sendo assim, as ações dos agentes produtores do espaço urbano vão configurar o modo como o espaço urbano é produzido, tendo relações diretas em como também o clima urbano é produzido e pode assumir especificidades nas cidades, como será visto adiante. Uma vez que atendem em primeira instância a lógica capitalista de acumulação, as ações dos agentes estão vinculadas não a interesses sociais, mas a acumulação de capital, culminando em desigualdades socioespaciais e socioambientais⁶, de modo mais específico – climáticas. Neste viés de pensamento, Corrêa (2017, p. 46) aponta que:

A ação desses agentes sociais – seja expressando tipos ideais puros ou desdobramento funcional de longa ou curta duração – está inserida no processo de produção, circulação e consumo de riquezas no interior de uma sociedade que se caracteriza por ser social e espacialmente diferenciada.

Em relação aos proprietários dos meios de produção, fundiários e promotores imobiliários, Corrêa (1989, p. 12) indica que “(...) a ação desses agentes serve ao propósito dominante da sociedade capitalista, que é o da reprodução das relações de produção, implicando a continuidade do processo de acumulação (...)”, ou seja, suas ações são orientadas pela acumulação de capital, força motriz do modo de produção capitalista, e que implica na intensificação das desigualdades socioespaciais e socioambientais. Assim, há intencionalidade destes agentes no sentido de promover a acumulação de capital no processo de produção e reprodução do espaço urbano, de tal modo que:

(...) os grandes capitais industrial, financeiro e imobiliário podem estar integrados indireta e diretamente, neste caso em grandes corporações que,

⁶ O termo desigualdade socioambiental faz referência a forma desigual como as problemáticas socioambientais são vivenciadas na sociedade, uma vez que, por exemplo, os efeitos do clima são potencializados por espaços desiguais (Sant’Anna Neto, 2011).

além de outras atividades, compram, especulam, financiam, administram e produzem espaço urbano. (Corrêa, 1989, p. 13).

A articulação entre os agentes que produzem o espaço pode suprimir conflitos existentes em decorrência da priorização do acúmulo de capital. Decorrente desta articulação, as decisões e ações a serem realizadas irão impactar no uso do solo urbano à medida que suas ações ocorrem na cidade e articulam/modificam a sua organização espacial, tendo rebatimentos na formação do clima local da cidade (quase sempre impactos negativos), já que a tendência é de modificação da superfície com o surgimento de novos loteamentos, e também com o aumento das áreas construídas, com materiais que por vezes intensificam a absorção de calor, ao passo que a amenização das temperaturas por meio de áreas verdes não acompanha esse ritmo.

Os proprietários dos meios de produção, ao mesmo tempo que produzem o espaço, também “(...) agem como consumidores do espaço em razão da dimensão de suas atividades (...)” (Nardoque, 2007, p. 325), de modo que, para se instalarem e produzir em determinado local, demandam vantagens fiscais e/ou locacionais que serão concedidas pelo Estado. Podem ocupar assim espaços de localização periférica, e sua instalação:

(...) resulta de uma ação do Estado visando, através da socialização de vários fatores de produção como terrenos preparados, acessibilidade, água e energia; e, de acordo com interesses de outros agentes sociais, como proprietários fundiários e industriais, criar economias de aglomeração para as atividades de produção industrial (Corrêa, 1989, p. 56).

Neste sentido, a ação dos proprietários dos meios de produção no espaço é mediada pelo Estado, que busca “atrair” as indústrias por meio de benefícios como isenções fiscais e fatores locacionais. De modo geral, o Estado age de modo a garantir a possibilidade dos proprietários dos meios de produção de obter o maior lucro possível.

Há em Três Lagoas dois distritos industriais. O Distrito Industrial I está localizado na porção leste da cidade, próximo ao bairro Vila Piloto e ao Cinturão Verde, enquanto o II está localizado às margens do Rio Paraná, próximo ao aeroporto e às BR-198 e BR-262, também a leste, este já bastante descontínuo da malha urbana da cidade. Sobre as atividades industriais dos distritos, em recorte temporal de 1990-2010, Silva (2013, p. 176), aponta que:

(...) o distrito industrial I voltado para as atividades industriais da construção civil, e desse modo, as empresas localizadas ali são cerâmicas, olarias, fábricas de tanques e pias, e ainda cimenteiras. Já o distrito industrial II com criação mais recente, teria uma tipologia industrial mais diversa, com predominância de empresas têxteis.

A presença do distrito industrial próximo a cidade é particularmente pertinente para este trabalho, uma vez que há a influência dos sistemas de resfriamento de indústrias nas temperaturas superficiais apreendidas em algumas imagens termais obtidas para a pesquisa (2013 e 2018).

Para além dos proprietários dos meio de produção, o espaço urbano também tem sua produção inerente a ação dos proprietários fundiários, que, “estão particularmente interessados na conversão da terra rural em terra urbana, ou seja, têm interesse na expansão do espaço da cidade na medida que a terra urbana é mais valorizada que a rural” (Corrêa, 1989, p. 16) e têm forte influência em como (e para onde) a cidade se expande, uma vez que essa expansão tende a beneficiá-los – visto que, ao deter terras rurais, buscam a expansão da cidade de modo a transformá-la em terra urbana, com presença de infraestruturas, aumentando seu valor. Desta forma:

Os proprietários fundiários podem então exercer pressões junto ao Estado, especialmente na instância municipal, visando interferir no processo de definição das leis de uso do solo e do zoneamento urbano. Esta pressão não é feita uniformemente nem beneficia a todos os proprietários fundiários. Alguns, os mais poderosos, poderão até mesmo ter suas terras valorizadas através do investimento público em infraestrutura, especialmente a viária: as cidades brasileiras fornecem vários exemplos desta prática (Corrêa, 1989, p. 16).

Assim, a implantação de conjuntos habitacionais, moradias populares e novas áreas de expansão da cidade se dá em articulação com os interesses de proprietários fundiários, via especulação.

As áreas onde se dá a expansão da malha urbana terão suas características físicas naturais modificadas ao longo deste processo, sendo substituído o solo por construções e pela impermeabilização. A depender do tipo de empreendimento ao qual será destinada tal parcela da cidade, os materiais construtivos utilizados vão variar (aqui retomamos a forma desigual de produção, apropriação e uso do espaço), e, conseqüentemente, a intensidade da absorção e emissão do calor sofrerá variação também.

Convém, no caso de Três Lagoas, refletir sobre o crescimento horizontal da cidade em direção às bordas, as margens, conformando em algumas delas as periferias, levando também em consideração a quantidade de vazios urbanos que vão sendo constituídos na cidade, ou seja, há o lançamento de um conjunto habitacional e deixa-se entre ele alguns vazios de terras a serem especulados, onde durante o dia as temperaturas superficiais serão elevadas uma vez que

“o albedo é reduzido em superfícies de solo exposto e retém mais calor”, como aponta Amorim (2017, p. 67). Conforme aponta Spósito (1991, p. 54):

A transformação de glebas “rurais” em lotes urbanos, ou seja, a expansão territorial horizontal, é a forma através da qual, via loteamentos urbanos, há a conversão da renda da terra rural em urbana, e/ou a forma como se realiza a renda absoluta da terra através da especulação.

Em Três Lagoas, dada a expansão acelerada do tecido urbano, como apontado anteriormente (e como será visto por meio dos mapas no Capítulo 4), pode-se observar a intensa implantação de novos loteamentos ao longo das últimas décadas, dentre estes: Residencial Montanini (oeste da cidade) e Jardim dos Ypes (leste), constituindo também espaços desiguais de moradia e infraestruturas urbanas.

Os promotores imobiliários são indicados por Corrêa (1989) enquanto agentes que atuam no sentido de incorporação, financiamento, estudo técnico, construção do imóvel, e comercialização do imóvel. Englobam, assim, todo o processo de produção da moradia, desde sua incorporação até a comercialização do imóvel. Sua atuação em Três Lagoas pode ser observada na implementação, por exemplo, dos conjuntos habitacionais verticais Novo Oeste e Orestinho. Em âmbito de pesquisa de iniciação científica, foi analisado o processo de segregação socioespacial e as implicações no plano do cotidiano (Brito; Milani, 2022) tendo como recorte os conjuntos habitacionais verticais mencionados. Do ponto de vista climático, são áreas de moradia que apresentam altas temperaturas devido à baixa qualidade dos materiais construtivos, lotes pequenos e alta densidade construtiva, ainda que esparsa. E onde reside parte da população de menor renda, com dificuldades de recursos para climatização.

A implantação de moradias populares, por parte dos promotores imobiliários, não se mostra enquanto um interesse, e “isto se deve, basicamente, aos baixos níveis dos salários das camadas populares, face ao custo da habitação produzida capitalisticamente” (Corrêa, 1989, p. 21). Neste sentido, a falta de interesse dos promotores imobiliários consiste em uma problemática, como analisado em Brito e Milani (2022), uma vez que a qualidade dos imóveis não condiz com a necessidade dos moradores, e em muitos casos resulta em dificuldades diárias para os moradores como distância dos lugares de trabalho e dificuldades em relação aos tamanhos dos apartamentos (principalmente famílias com crianças).

Aqui, vale ressaltar que em uma cidade cuja região é caracterizada por elevadas temperaturas ao longo do ano, se faz de suma importância o acesso da população a moradias com materiais que tenham a possibilidade de amenizar as temperaturas internas também, além

de espaços com áreas verdes – tendo em vista o papel fundamental da vegetação na amenização da temperatura. No entanto, esses elementos não são verificados nos conjuntos habitacionais.

A atuação do Estado na produção do espaço é fundamental na organização espacial da cidade, Corrêa (1989, p. 24) aponta para o fato de o:

(...) Estado atuar diretamente como grande industrial, consumidor de espaço e de localizações específicas, proprietário e promotor imobiliário, sem deixar de ser também um agente de regulação do uso do solo e o alvo dos chamados movimentos sociais urbanos.

Assim, levando em consideração que o Estado tem papel fundamental na “(..) elaboração de leis e normas vinculadas ao uso do solo (...)” (Corrêa, 1989, p. 24), é pertinente destacar a sua não neutralidade em meio aos processos e conflitos de interesses dominantes – principalmente na escala local, da cidade. Uma vez que permeada por interesses dominantes, “a atuação do Estado se faz, fundamentalmente e em última análise, visando criar condições de realização e reprodução da sociedade capitalista”, como aponta Corrêa (1989, p. 26).

De tal forma, o Estado tem papel fundamental na produção do espaço urbano à medida que ao pensar na construção de um Plano Diretor para a cidade, vê-se como sua atuação incide sobre o zoneamento, o uso do solo, a implantação de infraestruturas, as moradias populares, a mobilidade, o ordenamento territorial, entre outros.

Deste modo, o Estado é responsável por uma série de questões que articulam as relações delineadas entre os demais agentes produtores do espaço urbano. Nardoque (2007, p. 326) aponta variadas maneiras como podem ocorrer as ações do estado:

As ações podem ocorrer de variadas maneiras, como a produção de legislação específica para regulação do uso do solo para a área urbana (zoneamento, código de posturas, plano diretor); o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU); a expansão do perímetro urbano; o exercício de controle e fiscalização; os serviços públicos; as realizações de empreendimentos para disponibilização de infraestrutura urbana de consumo coletivo; a construção de moradias; a disponibilização e concessão de financiamentos para construção de obras públicas ou para construção da casa própria.

Além disso, convém ressaltar a atuação do Estado na produção do espaço da cidade à medida que, por exemplo, é responsável pela implementação de moradias populares, como os conjuntos habitacionais (ponto 3 da análise de novas áreas construídas), bem como a instalação de infraestruturas nos diferentes bairros. De tal modo, o Estado é um importante agente no processo de produção do espaço, tendo em vista que está articulado aos demais agentes e seus

interesses ao mesmo tempo que é responsável pelas demandas populares, resultando em uma relação que por vezes pode ser contraditória e cada vez mais complexa.

Nesse sentido, a contradição da atuação do Estado se assenta no fato de, por um lado atender a interesses dos diferentes agentes produtores do espaço – que buscam em sua ação e articulação o lucro –, e por outro lado, em meio às articulações com os promotores imobiliários e proprietários fundiários, agir em prol da sociedade na implementação de novas áreas em que serão construídas moradias populares, etc.

Os grupos sociais excluídos, como apontado por Corrêa (1989) tem sua ação interseccionada pela prática dos demais agentes produtores do espaço urbano ao passo que, no âmbito da moradia, por exemplo, tem como possibilidades a casa produzida pelo sistema de autoconstrução em loteamentos periféricos e os conjuntos habitacionais produzidos pelo Estado. No entanto, sua ação é, se não, de resistência frente às desigualdades que se manifestam no processo de produção do espaço urbano, uma vez que “o capital sempre buscará sua reprodução por meio do processo de valorização e a sociedade visará à melhoria das condições para a reprodução da vida” (Carlos, 1994 *apud* Pereira, 2006, p. 128). É pertinente a colocação da sociedade civil enquanto produtor do espaço urbano feita por Nardoque (2007, p. 326):

Também, tem que ser considerada como agente produtor do espaço urbano a sociedade civil, entendida como trabalhadores, habitantes e usuários de forma geral. Assim, o espaço produzido tem que ser compreendido não só pela lógica do capital e/ou do Estado, mas também por aqueles que o usam como forma de reprodução da vida humana.

Desdobrando a proposta de Corrêa (1989) a sociedade civil, os grupos sociais (não apenas os excluídos), vão produzir e consumir o espaço, dando sentido (conteúdo) as formas espaciais, e expressando as desigualdades inerentes ao modo de produção capitalista no qual se assenta o processo de produção do espaço. Para além, são estes sujeitos sociais a força motriz do modo de produção capitalista, à medida que produzem, consomem, movimentam a realidade, dão “corpos” as desigualdades e reivindicam melhores condições para a reprodução da vida.

Adiante, será discutido o modo como as ações articuladas dos agentes produtores do espaço urbano se manifestam e implicam na organização espacial da cidade, culminando na materialização de formas e conteúdos oriundos de processos sociais (Corrêa, 1989), com implicações no clima urbano.

3.1.2 Organização espacial de Três Lagoas e os impactos na produção do clima urbano

As ações dos agentes produtores do espaço urbano, entendidas enquanto processos sociais, articulam-se na configuração dos conteúdos e formas espaciais (materializações) que se distribuem e se inserem na organização espacial da cidade (Corrêa, 1989). Assim, “se o objetivo é compreender a estruturação espacial, é necessário considerar que há um acúmulo de ações em diferentes momentos, que influenciam as espacializações dos diferentes usos do espaço” (Pereira, 2006, p. 127). De tal forma, os processos espaciais surgem como uma articulação entre os processos sociais e formas espaciais, de modo que:

São os processos espaciais, responsáveis imediatos pela organização espacial desigual e mutável da cidade capitalista. Acrescentar-se-ia que os processos espaciais são as forças através das quais o movimento de transformação da estrutura social, o processo, se efetiva espacialmente, refazendo a espacialidade da sociedade. Neste sentido os processos espaciais são de natureza social, cunhados na própria sociedade (Corrêa, 1989, p. 36).

Entende-se aqui enquanto organização espacial “o conjunto de formas (campos, fábricas, caminhos, casas, etc.) e interações envolvendo pessoas, mercadorias, informação e capital, dispostos espacialmente” (Corrêa, 2011, p. 7). Uma mudança na organização espacial da cidade estará vinculada aos processos sociais que imprimem nas formas espaciais sua essência, ou seja, “a organização espacial é também um objeto, uma materialidade social” (Corrêa, 1991, p. 53). Destarte, os processos espaciais têm implicações na estrutura social, visto que a essência da mudança se assenta no processo social, e os espaços da cidade estão diretamente vinculados a questões sociais – de modo que as possibilidades de acesso a estes espaços não são as mesmas para todas as camadas da sociedade, isso significa também acesso a espaços termicamente mais ou menos confortáveis. Neste sentido, Calixto (2009, p. 220) argumenta que:

Numa sociedade marcada pela divisão de classes, o espaço é produzido e apropriado de forma diferenciada, implicando numa finalidade não apenas produtiva, mas também não produtiva. A configuração espacial é, ela própria, um aspecto das forças produtivas da sociedade, além de se constituir um produto dessas mesmas relações, sendo um misto de forma-conteúdo.

Em sua distribuição espacial, Três Lagoas tem sua expansão e criação de moradias populares e espaços residenciais fechados direcionada as bordas, havendo certo distanciamento em relação ao centro, de modo que caracteriza uma produção extensiva do espaço urbano, o que influencia na forma como também o clima da cidade é produzido. Esse distanciamento

impactará na forma como os sujeitos sociais vivem cotidianamente na e a cidade, de acordo com as diferentes possibilidades de se deslocar pela cidade – o acesso a um veículo com ar condicionado, uma bicicleta, ônibus, a pé –, sendo importante levar em consideração o contexto climático em que a cidade está inserida, uma vez que a forma de deslocamento poderá implicar no conforto térmico dos sujeitos sociais. Neste sentido, pensando nas possibilidades de apropriação do espaço urbano pelos cidadãos, Pereira (2006, p. 131) discute que:

Cada um dos segmentos sociais terá acesso diferenciado às parcelas do espaço urbano, já que nem todos possuem a propriedade privada da terra, para por exemplo, estabelecerem sua moradia, sendo que essa localização implicará nos deslocamentos necessários para satisfazer suas necessidades e realizar as suas diferentes funções. Portanto, a condição econômica determina a situação socioespacial, reforçando ainda mais as dificuldades para a apropriação do espaço urbano pelos cidadãos de menor poder aquisitivo, ficando estes cada vez mais “distantes” da cidade.

Além da distância, os padrões construtivos também impactam na experiência espacial dos sujeitos sociais a partir das condições econômicas de cada um. Ou seja, a possibilidade de lidar com temperaturas elevadas, utilizando materiais construtivos adequados para amenização da temperatura, será desigual para as diferentes camadas da sociedade, considerando que “cada sociedade e, mais ainda, cada segmento social e, dentro deste cada indivíduo, em particular, distinguem-se por diferentes capacidades e instrumentos disponíveis para enfrentar as catástrofes” (Sant’Anna Neto, 2011, p. 48). Neste viés de pensamento, “a organização do espaço é simultaneamente reflexo social, meio no qual a sociedade existe e condição pela qual a sociedade se reproduz”, como pontua Corrêa (2011, p. 7). Neste sentido, uma sociedade de classes marcada pela desigualdade, reflete em uma organização espacial também desigual em suas múltiplas facetas, uma vez que “(...) o parcelamento do solo revela as diferentes formas de ocupação do tecido urbano, conforme os interesses e os poderes das classes sociais”, como pontuado por Gomes (2012, p. 22).

Não obstante, o espraiamento da cidade conforma em meio ao espaço intraurbano a presença de lotes vazios (especulação), em que, durante o dia, a incidência solar conforma elevadas temperaturas (por vezes mais altas do que no próprio concreto), resultando na conformação de ilhas de calor superficiais em determinados pontos do espaço da cidade.

Ao pensar em relação a materialidade da organização espacial, Corrêa (1991, p. 53) elucida que:

Como materialidade, a organização espacial é uma dimensão da totalidade social construída pelo homem ao fazer a sua própria história. Ela é, no

processo de transformação da sociedade, modificada ou congelada e, por sua vez, também modifica e congela. A organização espacial é a própria sociedade espacializada.

Portanto a organização espacial carrega em si o acúmulo de ações realizadas em uma sociedade de classes inserida no modo de produção capitalista, e se manifesta espacialmente enquanto um reflexo e condição desta realidade social, como exposto anteriormente. De tal maneira, “a organização espacial, ou seja, o conjunto de objetos criados pelo homem e dispostos sobre a superfície da Terra, é assim um meio de vida no presente (produção), mas também uma condição para o futuro (reprodução)” (Corrêa, 1991, p. 55). Ainda sobre o reflexo da realidade social expressa na organização espacial, o autor pontua que:

(...) a organização espacial é, como já vimos, expressão da produção material do homem, resultado de seu trabalho social. Como tal, refletirá as características do grupo que a criou. Em uma sociedade de classes, a organização espacial refletirá tanto a natureza classista da produção e do consumo de bens materiais, como o controle exercido sobre as relações entre as classes sociais que emergiram das relações sociais ligadas à produção (Corrêa, 1991, p. 55-56).

Do ponto de vista do SCU, Ferreira (2019, p. 7) articula, sobre a organização espacial, que “em relação à capacidade modificadora do ambiente urbano no clima local, na produção do clima urbano, a superfície e sua organização espacial são diretamente colocadas como ‘operando’ do sistema”. São, assim, a superfície e sua organização espacial, fundamentais no entendimento da dinâmica climática local, uma vez que recebem a energia solar e implicam no modo como a temperatura se distribui na cidade, exercendo efeito sobre a atmosfera local. Além disso:

(...) esta mesma sociedade, que de modo não intencional impacta as condições atmosféricas do ambiente urbano, de modo intencional, muitas vezes é responsável pela forma com que se organizam as relações sociais que direcionam a constituição do espaço físico e motor condutor das cidades, que diz respeito a sua organização espacial (Ferreira, 2019, p. 7).

O autor vai ao encontro do que viemos discutindo, ao apontar a forma com que as relações sociais vão implicar diretamente na materialidade social espacializada, ou seja, a organização espacial da cidade. Neste sentido, a forma com que a organização espacial é constituída e alterada ao longo do tempo por meio de processos, vai refletir no espaço construído e na interação com o clima local, culminando em um dado clima urbano, uma vez que:

De distintas maneiras, a forma como se dá a organização do espaço urbano pode resultar numa maior ou menor transformação dos elementos da superfície – vias, quarteirões, edificações, elementos naturais – e como elas se estruturam. Diferentes processos sociais e naturais vão modelar em conjunto o espaço em ritmos de tempo distintos, resultando num ímpar de combinações e números de formas de conceber o urbano (Ferreira, 2019, p. 13).

Assim, as mudanças ocorridas na cidade ao longo do tempo – por meio de processos sociais e naturais –, estão inseridas na organização espacial da cidade, e conseqüentemente vão ter um papel na dinâmica climática local, influenciando na conformação do clima urbano da cidade em suas especificidades – dadas pelas infinitas possibilidades de transformações na organização espacial.

3.2 A produção do clima urbano

A análise de clima urbano realizada nessa pesquisa está apoiada na proposta teórico metodológica de Monteiro (1976), SCU. Pode-se pensá-lo enquanto um sistema aberto que compreende a interação entre o clima local e o espaço urbanizado de uma determinada cidade. Em outras palavras, se trata de “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (Monteiro, 1976, p. 116). Deste modo, se tratando de um sistema, entende-se que:

Nos estudos de clima urbano, a perspectiva sistêmica permite entender as ações humanas nas características do clima, sem que se percam de vista a multiescalaridade organizativa. No sistema climático, o clima global reflete-se nos subsistemas climáticos regionais e locais para filtrar, selecionar e conduzir a energia e a matéria (Amorim, 2017, p. 19).

A multiescalaridade do SCU está fundamentada nas interações convectivas e advectivas que ocorrem na atmosfera em diferentes escalas (local, regional e zonal), e que culminam na especificidade do clima de uma cidade, onde há articulação entre o clima local e a morfologia urbana⁷.

Monteiro (1976, p. 119) coloca que “o SCU visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera”, sendo assim um sistema aberto que apreende as dinâmicas que ocorrem na atmosfera, tendo como recorte o núcleo urbano, onde ocorrem modificações na superfície a partir da ação de agentes que

⁷ Entendida aqui enquanto a articulação entre forma e conteúdo no espaço urbano.

produzem o espaço e que incidem na dinâmica do clima local. Trata-se então de “um sistema singular, que abrange um clima local (fato natural) e a cidade (fato social)” (Monteiro, 1976, p. 116). Deste modo:

(...) o estudo do SCU deve ser realizado tendo em vista a organização funcional de partes relacionadas, em que o que importa não é o fracionamento das partes, mas as relações entre elas, numa perspectiva holística. Além dos aspectos naturais do território e da atmosfera, deve-se investigar a participação antropogênica na constituição do clima urbano (Monteiro, 2003 *apud* Dumke, 2007, p. 125).

De tal forma, ao pensar o clima urbano de uma cidade, é necessário levar em consideração as particularidades que o compõem e decorrem: da produção acumulativa histórica do espaço da cidade (fato social), uma vez que “(...) só o insumo energético não determina o conjunto-padrão do clima urbano, necessitando da ação transformadora da estrutura” (Monteiro, 1976, p. 158); da relação que se estabelece entre o clima local-regional, à medida que o clima regional incide (inerente aos aspectos geocológicos) na formação do clima local, tendo em vista que o espaço urbanizado é “o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere”, como elucida Monteiro (1976, p. 117); e também da forma como “no nível local, a conformação do terreno, o tipo de solo e a cobertura vegetal podem ocasionar pequenas alterações no tempo e determinar o clima predominante em determinado lugar”, como aponta Dumke (2007, p. 115).

Mendonça (2000, p. 168) aponta que o clima urbano “é derivado da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas”, ou seja, o clima urbano é constituído pelas modificações (dotadas de intencionalidades) realizadas pela sociedade no processo de produção da cidade ao longo do tempo em um determinado espaço, em interação com o clima local – em outras palavras, “(...) resulta da ação humana no espaço que, juntamente com a ação atmosférica (sistemas e dinâmicas), são capazes de organizar a estrutura do sistema” (Teixeira, 2015, p. 46). Neste sentido, Weng (2001, p. 2000, tradução nossa) articula que:

(...) a conversão de outros tipos de solo para usos associados ao crescimento populacional e econômico, é um dos principais tipos de mudança de uso e ocupação do solo na história da humanidade. Tem um grande impacto no clima. Ao serem encobertas com construções, ruas e outras superfícies impermeáveis, as áreas urbanas, de modo geral, têm uma maior absorção da radiação solar, e uma maior capacidade térmica e condutividade, de modo que o calor é armazenado durante o dia e liberado durante a noite.

De tal maneira, as áreas urbanas, ao passo que têm sua superfície modificada, experienciam uma temperatura mais elevada em relação a áreas onde predomina uma cobertura vegetal densa (Weng, 2001).

Neste trabalho a relação entre o clima urbano e a produção do espaço urbano é articulada por meio da organização espacial, identificando-se, com base no uso e ocupação do solo, as características particulares da cidade (padrões construtivos, densidade de ocupação, presença de vegetação), “(...) a tomando enquanto materialidade construída fruto de ações não materiais, mas que se dão no plano social, das relações, por interesses que resultam em materialidades (Rampazzo, 2015, p. 66). Amorim (2017, p. 23), aponta que:

(...) o clima urbano é produzido pela ação humana sobre a natureza e gera condições diferenciadas de conforto e de desconforto térmico, de poluição do ar e de chuvas intensas. Esta produção se manifesta, por um lado, pelas modificações nas características da superfície e, por outro, pelas atividades desenvolvidas pela sociedade. Tudo isto em função das formas de apropriação e da expansão territorial urbana, ou seja, pelas decisões tomadas pelos sujeitos sociais protagonistas do processo de produção do espaço.

Assim, ao levar em consideração a materialidade e a dimensão social dos processos, mediada pela ação dos agentes produtores do espaço em suas relações sociais e espaciais, compreende-se que “a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre ocorre em um território, transformado e produzido pela sociedade, de maneira desigual e apropriado conforme os interesses dos agentes sociais” (Amorim, 2017, p. 19), de tal forma que “na cidade o ambiente não se restringe ao conjunto de dinâmicas e processos naturais, mas das relações entre estes e as dinâmicas e processos sociais (Gomes, 2012, p. 19).

Não obstante, a cidade e sua produção são dinâmicas, estão em constante transformação, com modificações que são condicionadas pelas relações sociais e espaciais estabelecidas entre agentes, e que se expressam por meio de sua organização espacial. Dessa forma:

(...) o clima urbano atrela as características da dinâmica da atmosfera com o uso da terra e estes resultam da maneira como o espaço é produzido, tendo-se como referências as dinâmicas econômicas e sociais inerentes às características de cada núcleo urbano (Amorim, 2017, p. 24).

Em relação as modificações que ocorrem no espaço urbano Sant’Anna Neto (2011, p. 122) discute que “o clima original é constantemente modificado pela construção do espaço urbano, uma vez que é alterado, entre outros fatores, o balanço de energia”. Assim, ao modificar as características originais de um determinado espaço, a interação entre o clima local e este espaço será alterada “desencadeando reações processuais que delineiam novas modelagens”

(Sant’Anna Neto, 2011, p. 123) – ou seja, novas áreas construídas vão interagir com o clima local, potencialmente culminando em mudanças que afetarão a vida de quem vive na cidade, levando em consideração que o espaço e o clima urbano serão experienciados de diferentes maneiras de acordo com a possibilidade que os sujeitos sociais têm de lidar com a forma como o clima urbano incide em seu cotidiano. Desta forma, Amorim (2017, p. 20) articula que:

A forma como os ambientes urbanos são estruturados, particularmente no Brasil, mas não apenas nele, resulta na geração de espaços cada vez mais desiguais e os grupos sociais que habitam a cidade sofrem de maneira diferenciada as consequências que as ilhas de calor podem proporcionar aos seus habitantes.

Neste viés de pensamento, as modificações que ocorrem na cidade vão impactar no clima urbano, uma vez que os diferentes usos do solo vão “exercer os efeitos decisivos de reflexão, absorção e armazenamento térmico (...)” (Monteiro, 1976, p. 121). Para além, uma série de modificações na superfície que contribuem para a diferenciação entre a atmosfera urbana e rural são elencadas por Amorim (2017, p. 23):

- a retirada da cobertura vegetal original e a não reposição por meio de um projeto de arborização urbana que reequilibre o albedo;
- a impermeabilização da superfície;
- as alterações no relevo e na hidrografia (canalizações de rios e córregos e aterros), modificando a drenagem urbana;
- a concentração de construções, com diferentes densidades e alturas; diminuindo a quantidade de áreas públicas e espaços verdes, modificando os fluxos de ar no interior da cidade;
- as características dos materiais construtivos de maneira geral e em particular da estrutura das coberturas, com suas composições e cores que resultam em capacidades diferenciadas de absorção e reflexão, já que são as primeiras a receberem a radiação solar;
- a cobertura vegetal ou ausência dela, com portes e concentrações variadas tanto em áreas destinadas para esse fim, como nas calçadas e no interior dos lotes.

As modificações apontadas pela autora acirram problemáticas que potencialmente impactam na experiência espacial da população, principalmente no que tange o surgimento de ilhas de calor urbanas⁸, uma vez que a radiação solar que incide sobre a superfície urbana terá maior absorção e mais lenta emissividade se comparada ao entorno rural (em casos de vegetação densa, principalmente).

No recorte espacial dessa pesquisa, convém destacar, a ocorrência, em diferentes áreas da cidade, de pouca presença de vegetação – tanto em áreas destinadas a esse fim, quanto nas

⁸ A diferença entre a temperatura do ar no urbano e no rural próximo (Oke *et al.*, 2017).

calçadas e interior dos lotes, como pode-se observar na elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo (Figura 11). Essa contextualização de características marcantes da área de estudo são pertinentes, ao levar em conta os apontamentos de Monteiro (1990, p. 67):

A análise da cidade cujo clima está sob foco deve penetrar em algumas informações nem sempre consideradas nestes casos. Assim por exemplo: o desenvolvimento vertical urbano (altura das edificações), a variação espacial das “cores” – gramados, bosques, solo nu, edificações claras ou escuras, etc, etc – pela importância que isso representa (via albedo) para a transformação da energia; parques para estacionamento de veículos segundo sua pavimentação; etc, etc.

De tal modo, Alves e Mariano (2016, p. 320) pontuam que “essas características apresentam padrões diferenciados que variam de acordo com a expressão territorial da cidade e produzem características intraurbanas distintas de uma cidade para outra”. Sendo assim, é de suma importância contextualizar as características que marcam a malha urbana de Três Lagoas, e que estão associadas não puramente a materialidade dos processos, mas são resultado também das relações sociais e espaciais que se desenvolveram ao longo do tempo e culminaram em um desenvolvimento acelerado do tecido urbano – que não foi acompanhado inteiramente pelas infraestruturas demandadas.

Tendo em vista as particularidades da cidade, convém discorrer sobre o canal de percepção em que esse trabalho está inserido no SCU, uma vez que os estudos de clima urbano fundamentados neste sistema aberto trabalham a partir da compartimentação do sistema com base em determinados canais da percepção humana: conforto térmico; qualidade do ar; e meteoros do impacto (Monteiro, 1976). É pertinente destacar que, apesar da compartimentação, todos estão conectados e se influenciam reciprocamente, de modo que:

(...) é impossível dissociá-los completamente, tanto na essência atmosférica quanto na percepção do cidadão. Assim como, por exemplo, não há meio de desvincular a produção meteórica do comportamento e da composição atmosférica, não se poderá considerar que a qualidade e as inundações do espaço urbano estejam desligadas do conforto. Trata-se, antes de tudo, de um artifício para a comodidade da análise que, como toda e qualquer análise, não pode ser executada diretamente ao todo (Monteiro, 2011, p. 43).

Essa pesquisa trabalha com o canal de percepção humana do conforto térmico, uma vez que engloba “(...) as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam, através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção” (Monteiro, 1976, p. 124). Além disso, a partir deste canal de percepção humana pode-se desdobrar discussões referentes as ilhas de calor de superfície, cerne da pesquisa. Convém destacar que o canal da percepção

humana do conforto térmico está relacionado diretamente ao subsistema termodinâmico, que “caracteriza-se como o insumo do sistema, que se transforma na cidade e produz o balanço de energia, vinculando-se ao uso da terra, à forma e função urbanas, ao jogo integrado entre atmosfera e homem”, como apontam Teixeira e Amorim (2022, p. 758). Em outras palavras, no que toca a estruturação do SCU:

(...) atravessa toda a sua estrutura, pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante no sistema. O uso do solo, a morfologia urbana, bem como suas funções, estão intimamente implicados no processo de transformação e produção (Monteiro, 1976, p. 163).

Neste sentido, os esforços estão direcionados na compreensão do clima urbano de Três Lagoas por meio do subsistema termodinâmico, uma vez que propõe-se a identificação de ilhas de calor de superfície por meio de sensoriamento remoto, relacionando as temperaturas de superfície a organização espacial da cidade com base no uso e ocupação do solo, à medida que as imagens de satélite na pesquisa “(...) contribuem significativamente para um conhecimento mais detalhado do fluxo de energia no ambiente urbano” (Dumke, 2007, p. 126), ao passo que “dados obtidos por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como temperatura da superfície e índice de vegetação, podem ser relacionados com estudos de clima urbano auxiliando nas análises de qualidade ambiental” (Lima; Amorim, 2011, p. 1028). De tal forma, Amorim (2010, p. 72) vai ao encontro do exposto, ao pontuar que:

Para se detectar a geração do clima urbano na perspectiva do subsistema termodinâmico, uma primeira análise pode ser realizada a partir da comparação da temperatura urbana com a do campo circundante. Entretanto, a cidade não é um todo homogêneo e possui especificidades intraurbanas, seja do ponto de vista dos fatores físicos, mas especialmente das diferenças existentes nas características do uso e da ocupação do solo no interior da cidade.

No canal do SCU referente ao conforto térmico (subsistema termodinâmico), ocorre a transformação do insumo energético do sistema aberto por meio da topografia do sítio (homogêneo, heterogêneo, forma côncava, plana e/ou convexa), do uso do solo (blocos de edificações, densidade, altura, materiais de construção, cor das edificações, pavimentação, áreas verdes, espaços livres e massas líquidas), da estrutura urbana (forma), e das funções e atividades, que vão ter diferenciados efeitos térmicos de reflexão e absorção (Monteiro, 2011). Um dos produtos dessas transformações que ocorrem neste canal do SCU é a formação de ilha de calor.

3.2.1 Ilhas de calor de superfície

As modificações realizadas pela sociedade na superfície mediadas pelas ações dos agentes produtores do espaço culminam em problemáticas que são vivenciadas de maneira desigual de acordo com a classe social dos sujeitos sociais da cidade. Uma problemática decorrente do processo de produção do clima urbano é a formação de ilhas de calor, que influenciam no conforto térmico da população, à medida que o calor se concentra em determinadas áreas da cidade, interferindo na forma como o clima urbano é vivenciado.

Ilhas de calor são definidas por Gartland (2010, p. 9) como “um oásis inverso”, onde o ar e as temperaturas da superfície são mais quentes do que em áreas rurais circundantes”. Dessa forma, há uma implicação do modo como a ação antrópica influi na diferença térmica entre ambos os espaços a partir da modificação da superfície. Neste sentido, a autora contextualiza que:

Ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. Existem duas razões principais para esse aquecimento. A primeira é que a maior parte dos materiais de construção é impermeável e estanque, e por essa razão não há umidade disponível para dissipar o calor do sol. A segunda é que a combinação de materiais escuros de edifícios e pavimentos com configuração tipo cânion absorve e armazena mais energia solar (Gartland, 2010, p. 10).

Ficam evidentes os apontamentos de Monteiro (1976; 2011) sobre as transformações que ocorrem ao insumo energético do SCU no canal da percepção do conforto térmico (subsistema termodinâmico), no que diz respeito as modificações realizadas na superfície pela sociedade e na forma como o uso do solo incide sobre a formação de ilhas de calor (produto deste canal). Assim, o “uso e ocupação do solo e suas mudanças são indiscutivelmente alguns dos mais importantes fatores influenciando as ilhas de calor superficiais” (Zhou *et al.*, 2019, p. 11).

Oke *et al.* (2017) apontam que as ilhas de calor urbanas podem ser diferenciadas em quatro tipos, sendo que cada tipo tem uma dinâmica espacial e temporal, gerando uma complexidade metodológica em seu estudo. Além disso, “cada tipo responde a diferentes escalas, é causado por um conjunto diferente de processos, e requer diferentes esquemas de monitoramento para medição e modelos para simulação” (Oke *et al.* 2017, p. 198).

Assim, os quatro tipos de ilha de calor podem ser elencados enquanto: ilha de calor subsuperficial (*subsurface urban heat island.*), superficial (*surface urban heat island*), da

camada do dossel urbano (*canopy layer urban heat island*), e da camada limite urbana (*boundary layer urban heat island*), conforme Oke *et al.* (2017, tradução nossa).

A ilha de calor subsuperficial é definida a partir da diferença entre a temperatura do solo abaixo da cidade em relação ao solo do rural próximo, enquanto a ilha de calor superficial leva em consideração a diferença da temperatura da superfície urbana em relação a temperatura da superfície do rural próximo (Oke *et al.* 2017). Em relação a ilha de calor da camada do dossel urbano, é referente a diferença entre a temperatura do ar contida na camada do dossel urbano (compreende da superfície a altura dos telhados) e a temperatura do rural próximo com altura próxima a medida no urbano, enquanto a ilha de calor da camada limite urbana compreende a diferença da temperatura do ar obtida entre o topo da camada do dossel urbano e o topo da camada limite urbana em relação a temperatura do ar obtida em elevação similar no rural próximo, de acordo com Oke *et al.* (2017).

Ilhas de calor de superfície têm sua origem vinculada a incidência da radiação solar que atinge a cidade e a troca energética entre os alvos urbanos e a atmosfera (Amorim, 2019), de modo que a absorção, emissividade e albedo⁹ desempenham fundamental papel na distribuição das ilhas de calor superficiais pela malha urbana, uma vez que pensa-se aqui na relação entre a radiação solar e as construções que se localizam na superfície e modificam a cobertura natural do solo, influenciando no albedo, emissividade e absorção de energia. Desta forma:

Os valores de albedo são variáveis também em função da textura, cor da superfície, da natureza e do teor de umidade do solo. O estado do solo se altera no decorrer do dia e do ano e o albedo acompanha essa variação. Como o albedo afeta o balanço térmico por meio da maior ou menor capacidade da superfície de absorção da radiação solar incidente, evidencia-se a possibilidade de influenciar o balanço térmico local por meio da alteração da superfície do solo (Dumke, 2007, p. 117).

As construções que compõem a cidade afetam de forma diferente o balanço térmico neste espaço por meio dos valores de albedo que variam de acordo com as propriedades dos materiais. Assim, construções cujos materiais têm elevado albedo, tendem a propiciar uma amenização térmica para as pessoas que vivenciam esses espaços, uma vez que a absorção e concentração de calor será reduzida ao mesmo tempo que a reflexão será maior.

A absorção, ou seja, a capacidade do material em absorver a radiação, vai contribuir para a maior concentração de calor em um determinado espaço, de acordo com a capacidade de

⁹ A absorção diz respeito a capacidade de um material de absorver a radiação solar, enquanto a emissividade está associada a capacidade da superfície de emitir o calor e, o albedo, que é referente “(...) a capacidade dos corpos de refletir a radiação solar que incide sobre eles” (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 35).

absorção do material, impactando na experiência espacial térmica de quem vivencia esse espaço.

A emissividade dos diferentes materiais influenciará no tempo que o calor que está armazenado em um determinado espaço levará para ser emitido para a atmosfera, logo, quanto maior for a emissividade, menos tempo o calor estará armazenado. Assim:

O aquecimento de uma superfície durante o dia depende: da quantidade de energia solar que a alcança; da sua exposição à radiação solar; das propriedades físicas dos materiais de absorver ou refletir a radiação solar incidente (albedo), de convertê-la em calor e de armazenar e transmitir esse calor (inércia térmica); e, do calor latente (Dumke, 2007, p. 115).

As ilhas de calor de superfície são identificadas a partir do diagnóstico por meio do sensoriamento remoto das temperaturas da superfície (Amorim, 2017), de forma que “(...) a ilha de calor superficial, que representa a diferença da temperatura entre as superfícies urbanas e não urbanas, é principalmente medida por dados de sensoriamento remoto de satélites termais” (Zhou *et al.*, 2019, p. 2). Para obter as temperaturas da superfície, é possível trabalhar com a banda 10 do infravermelho termal/TIRS 1, com resolução espacial de 100 metros (tratadas e disponibilizadas, gratuitamente, com 30 metros pela *United States Geological Survey*), do satélite Landsat 8 – que é o caso desta pesquisa –, visto que “as imagens de satélite têm ampliado as possibilidades de análise das ilhas de calor urbanas, especialmente as superficiais, porque fornecem a temperatura aparente da superfície (*Land Surface Temperature – LST*)” (Weng, 2003 *apud* Amorim, 2019, p. 2). Neste sentido:

As imagens das temperaturas dos alvos geradas a partir das imagens do satélite Landsat 8 podem ser um importante instrumento para o diagnóstico das fontes de calor existentes nas superfícies, na medida em que a temperatura do ar resulta da interação entre a atmosfera e a superfície (Amorim, 2019, p. 15).

Além disso, Voogt e Oke (2003, p. 370, tradução nossa) dialogam com a autora ao pontuarem que “a temperatura de superfície é de suma importância para o estudo de clima urbano. Ela modula a temperatura do ar das camadas mais baixas da atmosfera urbana, é central para o balanço de energia da superfície (...)”.

A formação das ilhas de calor superficiais está associada as alterações no balanço energético que decorrem das transformações na superfície urbana (Amorim, 2017), onde “o albedo que, em média, é menor na cidade, favorece uma maior absorção da radiação nas superfícies urbanas”, como pontua Dumke (2007, p. 116). Assim:

(...) a origem desse fenômeno inicia-se na radiação solar, como elemento fundamental no balanço de energia e que desencadeia a transformação das ondas curtas em ondas longas em processo contínuo, através do qual as superfícies ganham calor por radiação solar durante o dia e perdem por radiação de ondas longas durante as 24 horas do dia e de maneira mais evidente no período noturno (Amorim, 2017, p. 46).

De tal maneira, a radiação solar (fonte de energia do sistema clima urbano) interage com a superfície modificada pela sociedade, e de acordo com as características dos materiais utilizados nas construções, permanecerá por mais ou menos tempo em um determinado espaço, com uma determinada intensidade, sendo pertinente destacar que, de acordo com Fialho, Fernandes e Correa (2019), as ilhas de calor superficiais têm grande variação espacial e temporal, estando presentes durante o dia e a noite.

O esforço da pesquisa está em identificar os espaços (em diferentes tempos), em que se conformam ilhas de calor superficial na área urbana de Três Lagoas, e averiguar como se dá sua dinâmica espacial em relação ao uso e ocupação do solo, NDVI, e precipitação, uma vez que são fatores que influenciam em sua conformação e intensidade, tendo em vista que “o espaço construído, aliado às atividades humanas, promove um incremento térmico que tende a formar ilhas de calor nas áreas mais adensadas, quando comparadas ao seu entorno próximo” (Dumke, 2007, p. 122), indo ao encontro de Amorim (2017, p. 15) ao elucidar que:

A expansão das áreas urbanas e as maneiras pelas quais a sociedade se organiza no território modificam radicalmente a paisagem natural. A substituição da vegetação por construções e a impermeabilização generalizada do solo (alteração no balanço de energia pela capacidade diferenciada de absorção e reflexão dos materiais presentes na superfície), associada às atividades humanas (aumento do calor produzido pelos veículos, pelas indústrias, pelos climatizadores de ambientes internos), proporcionam o aumento da temperatura nas cidades, formando as ilhas de calor (Amorim, 2017, p. 15).

Tendo em vista que a pesquisa trabalha com imagens termais referentes ao período de inverno de Três Lagoas (frio e seco), a dinâmica espacial das ilhas de calor superficiais adquire certa especificidade, ao passo que o entorno rural da cidade é composto em sua maioria por pastagens. Assim, há concordância com Amorim (2017, p. 67) ao apontar que “no solo com predomínio de pastagens (baixas herbáceas) as temperaturas se apresentaram muito parecidas com as do ambiente construído, devido à ausência de água no solo”.

É importante que seja feito este destaque, uma vez que o recorte temporal abarca o inverno na área de estudo, momento em que “além da diminuição da umidade do solo, há o empobrecimento da massa vegetada e, conseqüentemente, o declínio da evaporação e da

evapotranspiração” (Amorim, 2017, p. 67), interferindo na distribuição espacial e intensidade das ilhas de calor superficiais. De tal modo, a opção pelo período de inverno está articulada à menor incidência de nebulosidade nas imagens de satélite. Além disso, a região, mesmo em período de inverno, abarca, ainda, elevadas temperaturas.

Para identificar as formações de ilhas de calor superficial, é de suma importância definir uma área como parâmetro de comparação entre as temperaturas intraurbanas, tendo como base um ponto em que haja alta densidade de cobertura vegetal (onde se encontram as menores temperaturas dos alvos, se assemelhando ao rural), e que permita estabelecer um padrão de aquecimento nas diferentes áreas da cidade com elevadas temperaturas (Amorim, 2017).

De tal maneira, para pensar em uma área que sirva como parâmetro para analisar as ilhas de calor superficiais (com propriedades térmicas do rural) é importante destacar a comparação entre o urbano e o rural, uma vez que alguns aspectos se diferenciam:

Comparando-se os espaços urbanos e rural, evidenciam-se as alterações nas variáveis climáticas decorrentes da urbanização: no meio urbano, de modo geral, há uma redução da radiação solar e da insolação, da velocidade do vento e da umidade relativa e, inversamente, um aumento da temperatura, da poluição, da nebulosidade e da precipitação (Dumke, 2007, p. 111-112).

Assim, a ação da sociedade sobre o espaço, as modificações que se materializam por meio dos processos sociais e espaciais de uma sociedade marcada pelas classes, incidem nas alterações elencadas acima pela autora, gerando especificidades a partir das variáveis climáticas decorrentes da urbanização no clima urbano das cidades, que atingem a população de maneiras diferentes de acordo com sua classe. Voogt e Oke (2003, p. 370) discutem que “modificações superficiais e atmosféricas relacionadas a urbanização geralmente levam a um clima termicamente modificado que é mais quente do que as áreas não urbanizadas ao redor, particularmente a noite”.

Considerando as desiguais possibilidades das pessoas de diferentes classes que vivem na cidade de lidar com os efeitos do maior aquecimento das superfícies e as elevadas temperaturas que se manifestam, há que se concordar com Amorim (2019, p. 3) ao apontar que:

O maior detalhamento das ilhas de calor superficiais pode contribuir para ações efetivas junto ao planejamento e a gestão dos ambientes urbanos, no sentido de mitigar suas intensidades, com o propósito de amenizar o desconforto térmico para a população em zonas climáticas submetidas a sistemas atmosféricos que naturalmente apresentam temperaturas elevadas, prejudiciais à saúde das pessoas.

Neste sentido, a identificação das ilhas de calor superficiais em Três Lagoas por meio do sensoriamento remoto permite a identificação dos espaços da cidade em que no decorrer dos anos delimitados para a análise se concentraram as mais elevadas temperaturas superficiais.

Partindo da identificação das áreas em que se concentraram as mais elevadas temperaturas de superfície, é visado compreender, com base no SCU, as relações delineadas, por um lado, com as características geocológicas (hipsometria e declividade) do sítio urbano e, por outro lado, com a organização espacial do espaço urbano.

A chave analítica da organização espacial do espaço urbano (baseada no uso e ocupação do solo da cidade) leva, no âmbito desse trabalho, a considerar a produção do espaço de Três Lagoas atendo-se ao fato de que a materialidade expressa pelas formas espaciais decorre de processos e relações sociais e espaciais dos agentes produtores do espaço ao longo do tempo, em um espaço marcado pela desigualdade de classes.

4 UMA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO EM TRÊS LAGOAS NOS ANOS DE 2013, 2018 E 2023

Neste capítulo será realizada, de forma multitemporal, a análise e discussão dos dados de uso e ocupação do solo, temperatura superficial, NDVI, hipsometria e declividade no âmbito da produção do clima urbano de Três Lagoas com dois enfoques, que serão explanados a seguir.

Em uma primeira análise, intenciona-se pensar a produção do clima urbano tendo como recorte analítico o surgimento de novas áreas construídas na área urbana de Três Lagoas, e para isso foram selecionados cinco pontos que apontam para a expansão da cidade, e estão localizados, de maneira geral, nas bordas intraurbanas.

Dessa forma, são áreas da cidade em que, ao longo dos anos, como consta na discussão desse trabalho, surgiram loteamentos e novas construções vinculadas, em boa parte, a questão da moradia, apontando para a expansão da malha urbana da cidade.

O segundo enfoque tem como intencionalidade discutir a produção do clima urbano de Três Lagoas a partir das áreas da cidade em que se manifestaram as mais elevadas temperaturas superficiais, culminando em ilhas de calor de superfície. Para isso, trabalhou-se no recorte analítico da pesquisa com quatro pontos da área urbana de Três Lagoas em que se formaram e foram identificadas ilhas de calor superficiais.

De tal modo, para além da análise levando em consideração os aspectos urbanos e geocológicos dos pontos, buscou-se também analisar a intensidade das ilhas de calor superficiais tendo como base comparativa uma área de vegetação densa em que foi apreendida uma das menores temperaturas superficiais da área urbana de Três Lagoas.

Destarte, procurou-se relacionar em ambos os enfoques de análise os aspectos urbanos e geocológicos dos pontos delimitados, visando a possibilidade de realizar uma discussão holística acerca da produção do clima urbano em Três Lagoas no âmbito da temperatura superficial.

Para contextualizar o período anterior à tomada das imagens de satélite trabalhadas nas termais e NDVI, foi organizada a Tabela 1, em que constam as temperaturas mínima e máxima dos 30 dias antecedentes ao imageamento, bem como a temperatura média do período, para cada ano.

Tabela 1: Dados de temperatura do ar dos 30 dias antecedentes ao imageamento.

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

Fonte: Estação automática WMO A704 do INMET (2013; 2018; 2023). **Organização:** O autor (2025).

Pode-se observar que a média nos 30 dias anteriores à tomada das imagens de satélite foi bem próxima entre os três anos, havendo uma pequena variação apenas entre 2013 e os demais anos, sendo 20,6 °C em 2013, 21,7 °C em 2018 e 21,7 °C em 2023. Já em relação a mínima do período, houve em 2013 também a maior diferença entre os demais anos, em que a temperatura mínima chegou a 3,9 °C no dia 25 de julho de 2013 às 06 horas da manhã, enquanto em 2018 a mínima foi de 7,6 °C, e em 2023 a mínima atingiu 7 °C. E em relação a temperatura máxima do ar, 2013 teve máxima de 32,7 °C nos 30 dias antecedentes ao imageamento, enquanto a máxima do período em 2018 e 2023 esteve próxima, marcando 34,6 °C e 34,1 °C, respectivamente.

Convém ressaltar a ocorrência do fenômeno climático El Niño-Oscilação Sul – ENOS (Grimm, 2009), a partir de junho de 2023, o que pode ter acarretado, entre julho e outubro, em temperaturas acima da média histórica nacional (INMET, 2024) – no entanto é pertinente apontar que, a elevação das temperaturas observada em 2023 pode estar associada, também, a própria variabilidade climática da região.

É pertinente destacar a incidência de precipitação sobre a área urbana de Três Lagoas no recorte temporal da pesquisa, uma vez que a precipitação tende a influenciar na dinâmica da temperatura superficial, conforme Amorim (2019), tendo em vista, por um lado, a quantidade de precipitação, e por outro lado, em quantos dias anteriores a termal se concentrou a precipitação. Destarte, foi elaborada a Tabela 2 levando em consideração os apontamentos de Amorim (2019) e de Ortiz Porangaba (2024), trabalhando com os dados de precipitação de 30, 20 e 10 dias antes do imageamento das imagens de satélite.

Tabela 2: Dados de precipitação de até 30 dias antes do imageamento.

Data	Precipitação total (mm) 5 dias antes	Precipitação total (mm) 10 dias antes	Precipitação total (mm) 20 dias antes	Precipitação total (mm) 30 dias antes
27/07/2013	0,4	3,8	3,8	28
10/08/2018	16,8	17,8	17,8	17,8
23/07/2023	-	3,4	3,4	3,6

Fonte: Estação automática WMO A704 do INMET (2013; 2018; 2023). **Organização:** O autor (2025).

É possível observar que, em relação a tomada da imagem do dia 27 de julho de 2013, nos 30 dias anteriores ocorreu um total de 28 mm de precipitação. Nos 20 dias anteriores, o total de precipitação foi de 3,8 mm, bem como para os 10 dias anteriores, havendo, nos 5 dias anteriores ao imageamento, ocorrido um total de 0,4 mm de precipitação. A precipitação total nos 30 dias que antecederam a tomada da imagem do dia 10 de agosto de 2018 foi de 17,8 mm, sendo o mesmo valor do total referente ao período de 20 dias, bem como de 10 dias, no entanto, é pertinente destacar que nos 5 dias que antecederam o imageamento, a precipitação foi de 16,8 mm, ou seja, a precipitação se concentrou nos 5 dias anteriores. Quanto a imagem do dia 23 de julho de 2023, a precipitação total nos 30 dias anteriores foi de 3,6 mm, nos 20 dias anteriores o total foi de 3,4 mm, e o mesmo valor foi apreendido nos 10 dias anteriores a imagem, não havendo precipitação nos 5 dias que antecederam o imageamento – de tal modo, a precipitação ocorreu nos 10 dias anteriores a termal, assim como no caso de 2018, no entanto, em menor quantidade.

Convém elencar também a temperatura do ar na cidade nos dias em que foram tomadas as imagens utilizadas na análise, como pode-se observar na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Dados de temperatura do ar no dia do imageamento.

Datas	Temperatura Máxima do ar	Temperatura Mínima do ar	Temperatura do ar na 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

Fonte: Estação automática WMO A704 do INMET (2013; 2018; 2023). **Organização:** O autor (2025).

Para o dia 27 de julho de 2013, a temperatura do ar atingiu uma máxima de 26,8 °C, a mínima de 10,5 °C, e 17,4 °C no momento da tomada da imagem. A temperatura do ar no dia 10 de agosto de 2018, teve a máxima de 23,5 °C, a mínima de 8,1 °C, e no momento do

imageamento a temperatura esteve em 15,1 °C. Já em relação a temperatura do ar no dia de 23 de julho de 2023, a máxima foi de 32,6 °C, a mínima de 18,3 °C e na hora do imageamento a temperatura foi de 24,3 °C.

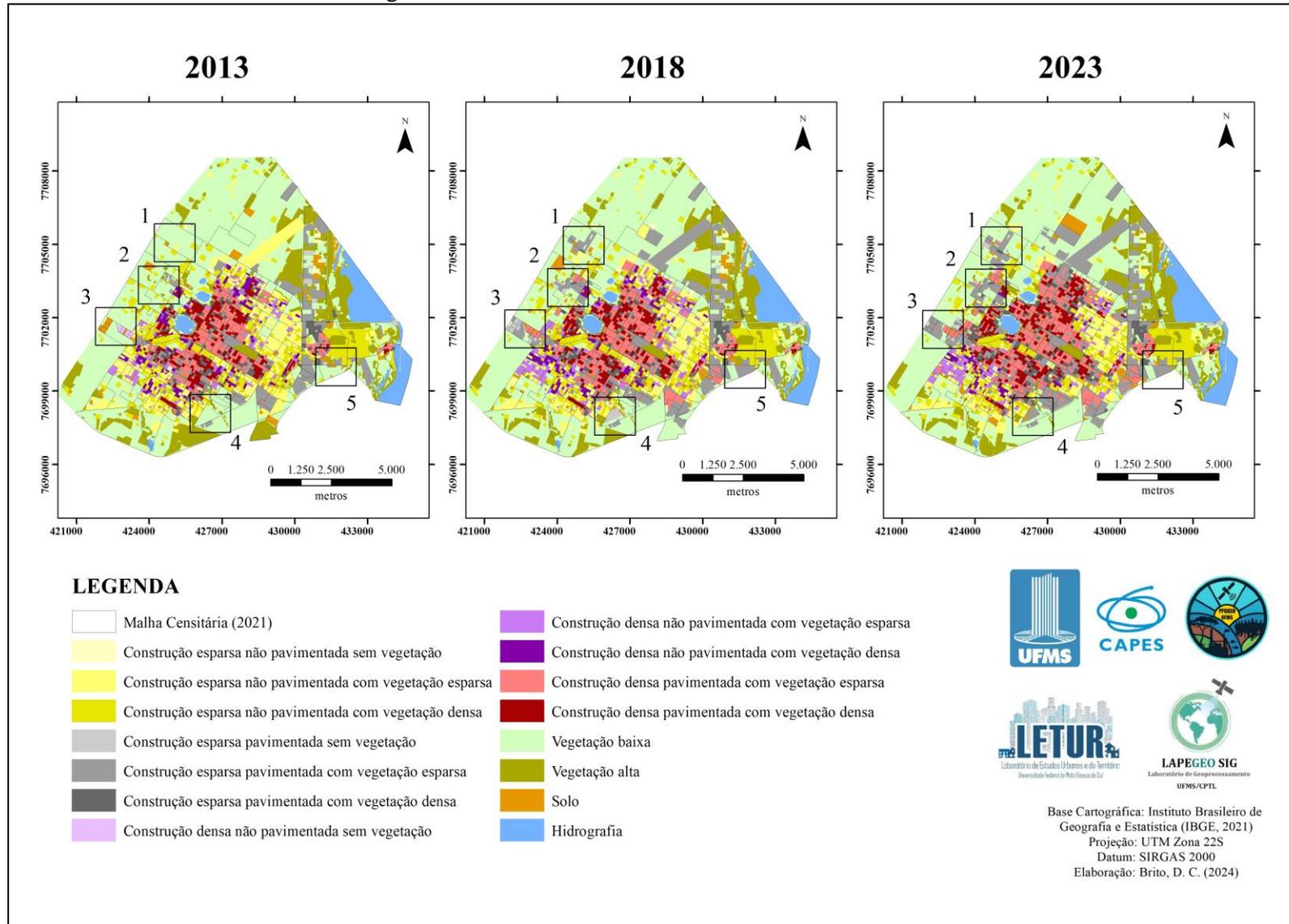
De modo geral, observou-se que as temperaturas do ar mais elevadas identificadas foram no ano de 2023, em que houve a menor incidência de precipitação. Em seguida, o ano de 2013 teve temperaturas mais elevadas do que 2018, assim, apesar do total de precipitação ser mais elevado nos 30 dias anteriores a tomada da imagem (28 mm em relação a 17,8 mm em 2018), entende-se que o fato da precipitação nos 10 dias anteriores ao imageamento ter sido mais elevado em 2018 (3,8 mm nos 10 dias anteriores em 2013 e 17,8 mm em 2018) pode ter tido influência na dinâmica da temperatura superficial.

4.1 Análise multitemporal da produção do clima urbano em Três Lagoas: temperaturas da superfície em novas áreas construídas

Para esta seção do capítulo, será realizada em um primeiro momento a apresentação dos pontos de análise dos anos de 2013, 2018 e 2023, utilizando pranchas compostas pelos mapas de uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI. Posteriormente, será discutida a relação dos aspectos urbanos e geocológicos de cada ponto.

Uma primeira questão a ser discutida em função da temperatura superficial na área urbana de Três Lagoas, no âmbito da análise multitemporal da produção do clima urbano, diz respeito ao surgimento de novas áreas construídas da cidade, localizadas, sobretudo, nas bordas intraurbanas (Lima, 2011), como pode-se observar na Figura 11.

Figura 11: Prancha das novas áreas construídas de 2023.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Os pontos delimitados para a análise, como observado na Figura 11, sob a atuação dos agentes que produzem o espaço, passaram por mudanças em sua organização espacial, a partir da expansão da malha urbana com o surgimento de novas áreas construídas. São áreas em que houve a alteração no sítio urbano, ou seja, houve uma transformação da natureza pela sociedade no processo de produção e reprodução do espaço urbano. Os cinco pontos de análise delimitados a partir dos mapas de uso e ocupação do solo são: 1) o bairro Montanini, a noroeste; 2) o bairro Alto da Boa Vista, a oeste; 3) a área em que foram implantados os conjuntos habitacionais Novo Oeste e Orestinho, a sudoeste; 4) o bairro Real Park, sul; e 5) o Residencial Bosque das Araras, a leste.

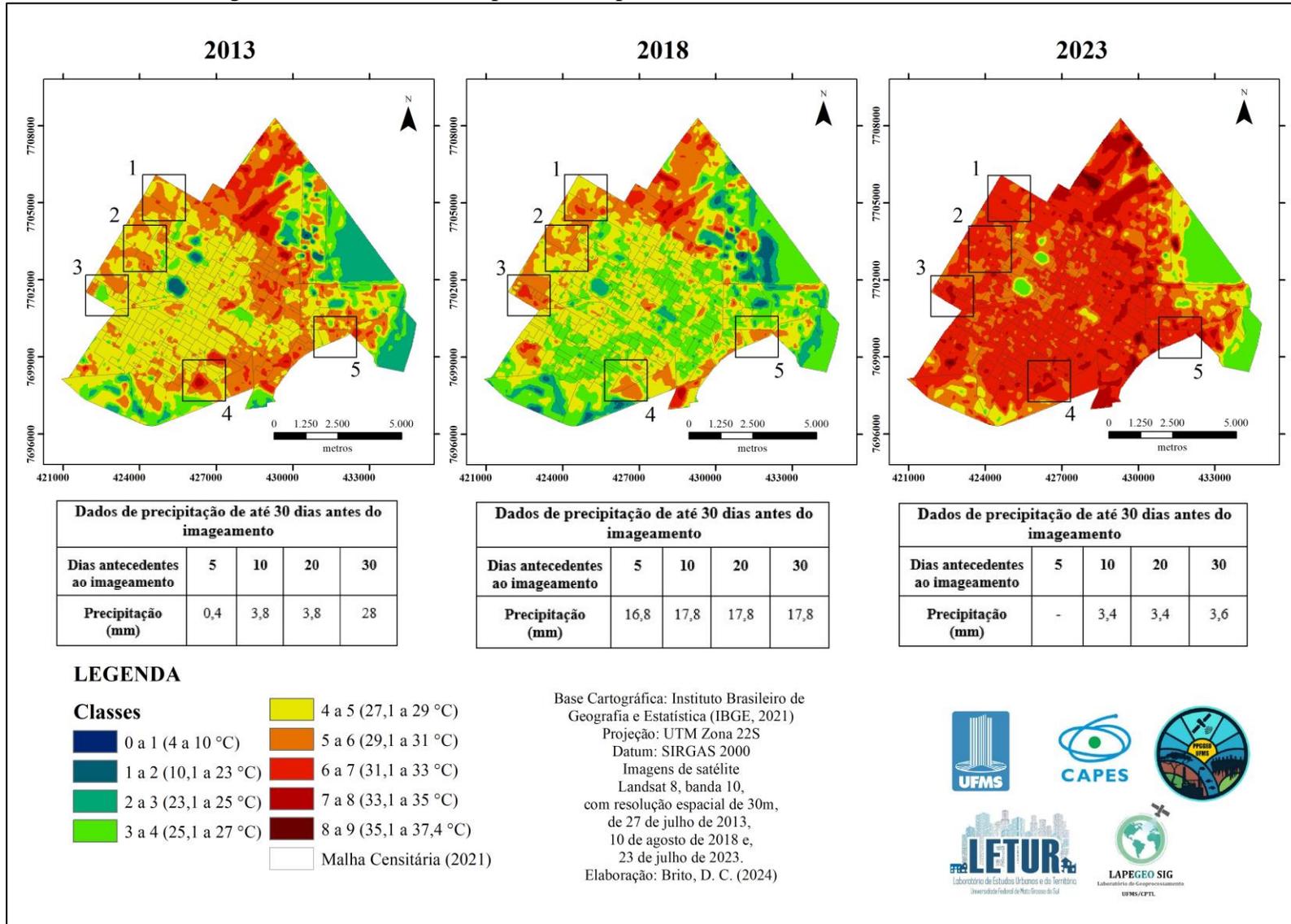
Tendo em vista a localização em bordas intraurbanas dos pontos de análise das novas áreas construídas identificadas a partir das mudanças no uso e ocupação do solo, vale ressaltar, quanto a distribuição espacial da renda da população na área urbana de Três Lagoas, como apontado por Ortiz Porangaba, Bacani e Milani (2020, p. 107), que:

(...) na área central e nos arredores do Bairro Nossa Senhora Aparecida a população (de modo geral) tem renda mais elevada, em cerca de 5 a 10 salários mínimos por domicílio. Tal condição também ocorre na porção sul e em condomínios fechados no quadrante norte da cidade. Enquanto, na porção sudoeste (Vila Haro), leste e sul a renda por domicílio fica entre 1 e 2 salários mínimos.

De tal modo, é possível observar que a renda mais elevada está concentrada na área central da cidade (e espaços residenciais fechados), ao passo que nas bordas concentra-se uma renda por domicílio de 1 a 2 salários mínimos – o que implica em menor poder aquisitivo para lidar com as elevadas temperaturas que são identificadas na cidade e impactam na vida da população, do ponto de vista climático.

Essa transformação culmina, para além das mudanças de classes no uso e ocupação do solo, na modificação da dinâmica do clima urbano da cidade, uma vez que a energia que entra no sistema vai interagir, agora, com uma superfície modificada pela sociedade, com diferentes propriedades térmicas. A prancha das temperaturas superficiais referentes aos anos de 2013, 2018 e 2023, de maneira geral, demonstra a distribuição da temperatura da superfície pela área urbana de Três Lagoas, com ênfase para cada ponto de análise delimitado e pode ser observada a partir da Figura 12, a seguir:

Figura 12: Prancha das temperaturas superficiais nas novas áreas construídas de 2023.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

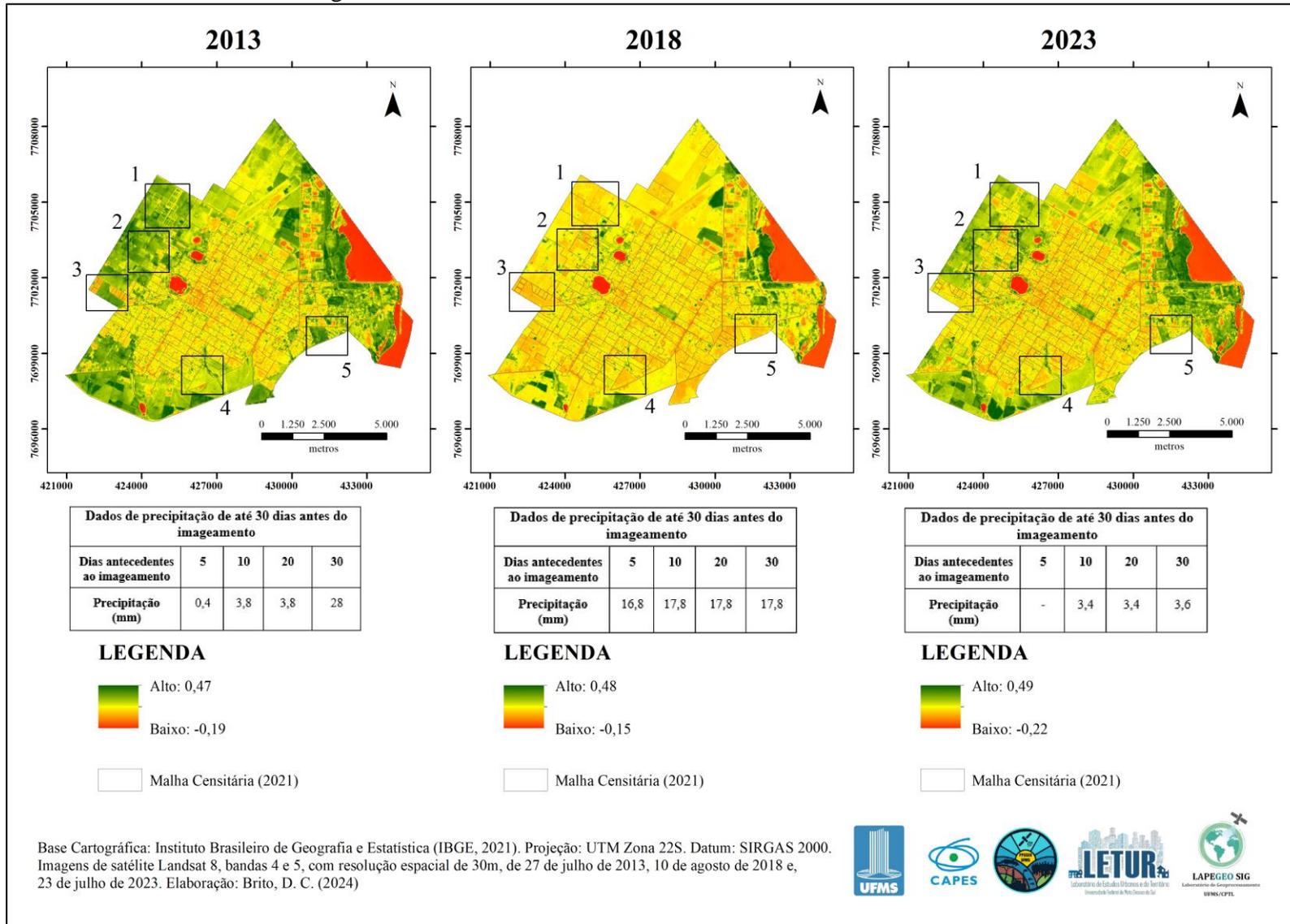
Verificou-se que na termal de 2013 a temperatura superficial variou entre 4,9 e 34,9 °C. Em 2018, a temperatura superficial variou entre 4,5 e 34,2 °C. E em 2023 a temperatura da superfície variou entre 23,8 e 37,4 °C. Convém ressaltar a influência do distrito industrial nas mínimas das temperaturas superficiais obtidas para 2013 e 2018, que foram menores que 10 °C devido aos sistemas de arrefecimento artificial presentes nos telhados de indústrias, como apontado anteriormente no texto.

Conforme a superfície é modificada em uma determinada área, a dinâmica da temperatura superficial no sistema aberto do clima urbano será modificada também, havendo modificação no albedo, na emissividade, na reflectância da superfície e também na inércia térmica.

Assim, conforme a superfície é transformada pela sociedade, implicando em uma nova dinâmica no sistema clima urbano, a vegetação que antes compunha determinada área modificada é conseqüentemente transformada também. Portanto, ocorrerão mudanças em relação a intensidade e quantidade de vegetação em determinadas áreas, que podem ser identificadas por meio do NDVI, uma vez que este será alterado com o surgir de novas construções.

Em relação ao NDVI das novas áreas construídas, pode ser visualizado de forma multitemporal na Figura 13. Desta forma, demonstra, de maneira preliminar, a distribuição e intensidade da vegetação na área urbana de Três Lagoas, entre os anos de 2013, 2018 e 2023, com ênfase na localização dos pontos de análise.

Figura 13: Prancha do NDVI nas novas áreas construídas de 2023.

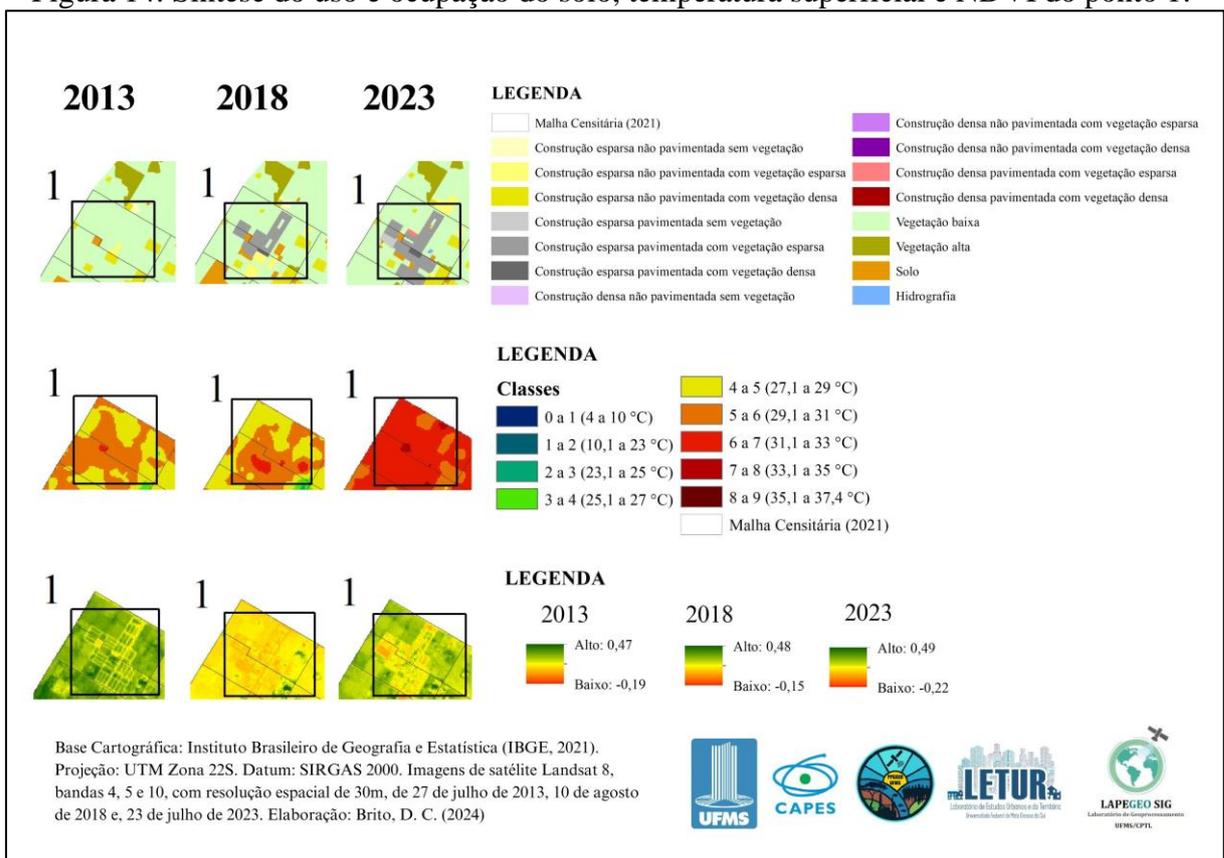


Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

A partir da Figura 13, observa-se que o NDVI para 2013 variou entre os valores de -0,19 e 0,47. Em 2018 os valores do NDVI variaram entre -0,15 e 0,48. E em 2023 houve variação nos valores do NDVI entre -0,22 e 0,49. Nesse sentido, valores abaixo de 0 indicam a ausência de vegetação, como pode ser observado principalmente nos corpos hídricos, enquanto os valores mais próximos a máxima do NDVI das imagens indicam a presença de vegetação mais densa, principalmente valores acima de 0,33.

O ponto 1 (Figura 14), delimitado para análise, é referente ao bairro Montanini, localizado na porção noroeste da área urbana de Três Lagoas, com hipsometria de aproximadamente 343 m e declividade de 3,22%. A partir da Figura 14, observou-se uma síntese¹⁰ dos dados de uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 1, no intuito de apresentar uma representação visual das características que serão analisadas.

Figura 14: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 1.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

¹⁰ A síntese dos dados de uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI, será apresentada para todos os pontos de análise.

De tal modo, para além da representação visual das características de uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto de análise, foram sumarizados no Quadro 8 os aspectos urbanos e geocológicos para a discussão.

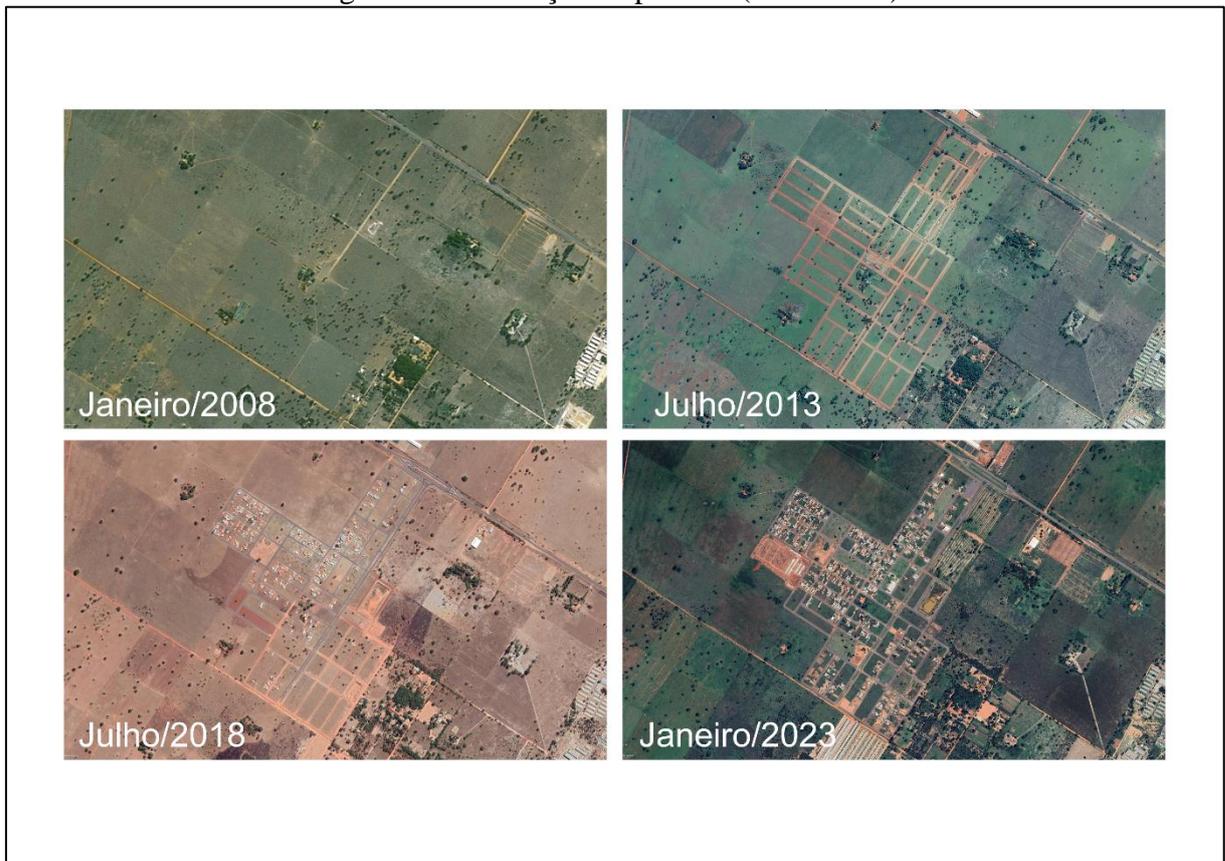
Quadro 8: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 1.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa	29,1 a 31 °C	0,18	343	3,22
2018	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	29,1 a 31 °C	0,07	343	3,22
2023	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	31,1 a 33 °C	0,07	343	3,22

Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

Os loteamentos do bairro Montanini, já em 2013, podem ser identificados em meio a área urbana de Três Lagoas, conforme Figura 15. No entanto, são nos anos posteriores que as construções nos loteamentos do bairro passam a surgir. Deste modo, em 2013 essa área contava com temperatura superficial variando entre 29,1 a 31 °C, e NDVI de aproximadamente 0,18 (uma vez que, apesar da demarcação dos lotes, ainda predominava a vegetação baixa).

Figura 15: Mudanças no ponto 1 (2008-2023).



Fonte: Google Earth Pro (2008; 2013; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

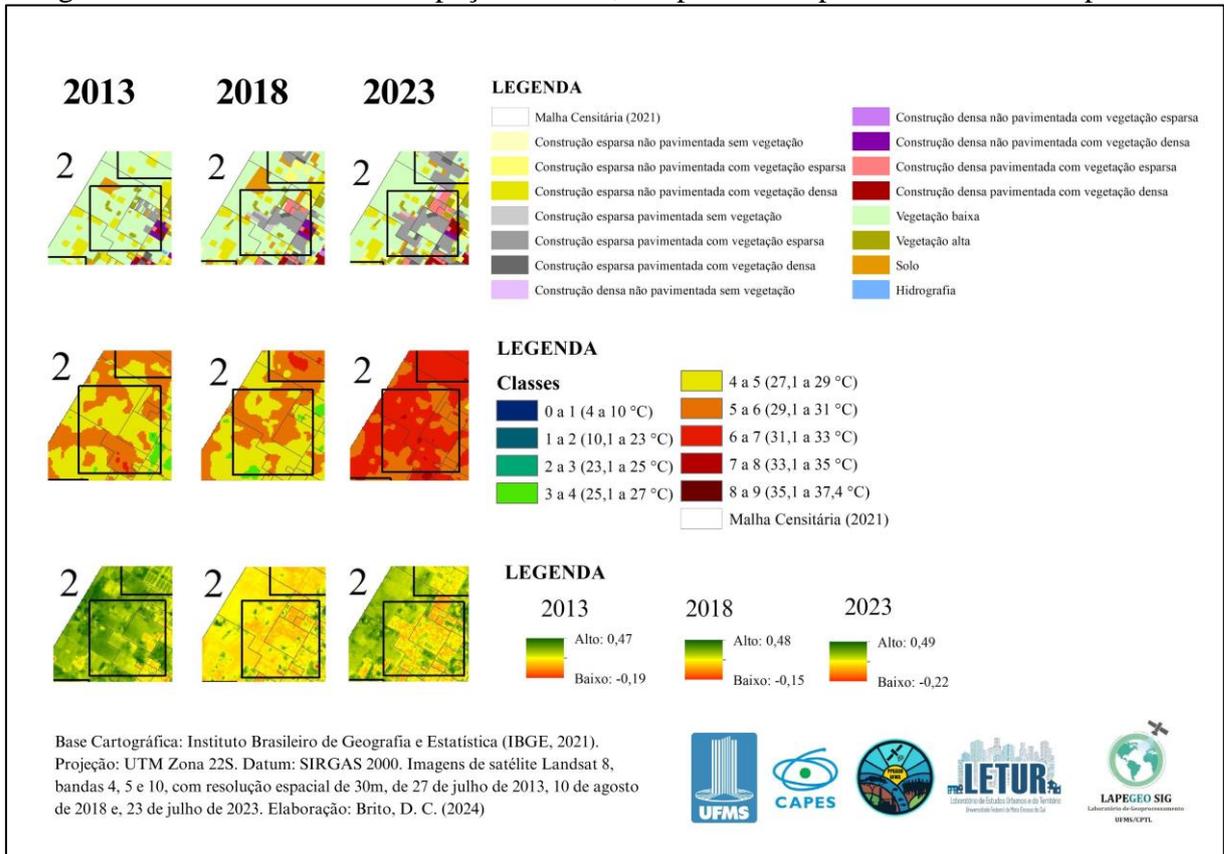
A partir da Figura 15, é possível perceber as mudanças ocorridas na organização espacial desta porção da cidade, referente ao bairro Montanini, onde, em 2013 é perceptível a demarcação dos lotes que, em 2018 contam com construções esparsas (em partes pavimentadas). De 2018 para 2023 há um aumento considerável do número de construções (ainda que continuem esparsas) e, a presença de pavimentação na maior parte desta área.

Assim, em 2018 pode-se identificar as mudanças no uso e ocupação do solo nesta área, a partir do surgimento de novas construções esparsas ao longo dos anos, como observado na Figura 15. Tal mudança pode ter influenciado no NDVI apreendido em 2018, que foi de 0,07. Já em relação a temperatura superficial do ponto, varia ainda em 2018 entre 29,1 e 31 °C – o que pode ser explicado pelo fato de o período da análise abarcar a estação de inverno, mais seca, em que diminui a capacidade de resfriamento da vegetação.

As mudanças no uso e ocupação do solo se mantém caracterizadas por construções esparsas pavimentadas e com vegetação esparsa para o ano de 2023, com o NDVI mantendo também o valor de 0,07 observado em 2018. No entanto, no que tange a temperatura superficial, passa a variar entre 31,1 a 33 °C no ponto determinado para a análise.

Quanto ao ponto 2 (Figura 16), está localizado no bairro Alto da Boa Vista, a oeste da área urbana de Três Lagoas, com hipsometria e declividade, respectivamente, de aproximadamente de 347 m e 5,07%.

Figura 16: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 2.



Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

A Figura 16 expressa as mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto referente ao bairro Alto da Boa Vista nos anos de 2013, 2018 e 2023. A seguir, o Quadro 9, apresenta os dados referentes aos aspectos urbanos e geocológicos do ponto 2, que auxiliarão na discussão.

Quadro 9: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 2.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa e construção esparsa não pavimentada com vegetação densa	27,1 a 29 °C	0,28	347	5,07
2018	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	29,1 a 31 °C	0,08	347	5,07
2023	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	29,1 a 31 °C	0,08	347	5,07

Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

É possível observar que em 2013, a área analisada tinha seu uso e ocupação do solo caracterizado pela presença de vegetação baixa e também de construção esparsa não pavimentada com vegetação densa (um tanto desconexas da malha urbana), conforme Figura 17. O valor do NDVI desse ponto foi de aproximadamente 0,28, e a temperatura superficial obtida referente ao ano de 2013 variou entre 27,1 a 29 °C.

Figura 17: Mudanças no ponto 2 (2013-2023).



Fonte: Google Earth Pro (2013; 2015; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

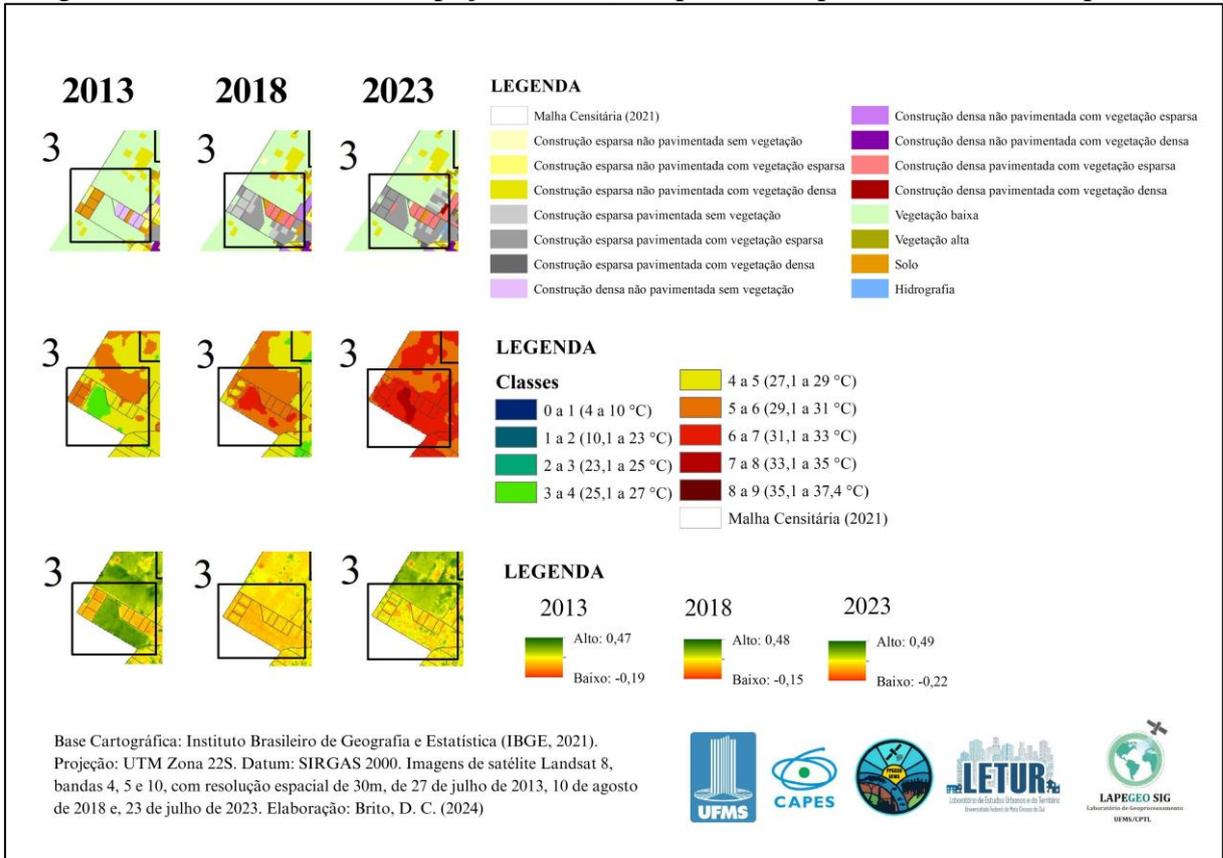
Conforme pode-se observar na Figura 17, o ponto 2 passou por mudanças em um relativamente curto período, onde novas construções apareceram na malha urbana, em área de borda intraurbana, expressando o movimento de expansão da cidade em articulação com a ação dos agentes que produzem o espaço e, como tem sido trabalhado nessa seção de análise, inserem novas formas e conteúdos na organização espacial da cidade.

É válido destacar que já em 2015, conforme Figura 17, é possível observar a implantação dos loteamentos na área. Deste modo, em 2018, estavam presentes construções no espaço em questão, o que explica a mudança da classe de uso e ocupação do solo para construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa, e a alteração do NDVI deste ponto para 0,08. Além disso, houve também um acréscimo em relação a variação da temperatura superficial que passou a ser de 29,1 a 31 °C.

Já em 2023, a classe de uso e ocupação do solo se manteve em construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa, com NDVI também de 0,08. Vale ressaltar, conforme Figura 17, o surgimento de mais construções nos loteamentos, indicando a expansão da cidade ao longo dos anos neste ponto. A temperatura superficial nesta área também se manteve variando entre 29,1 a 31 °C.

O ponto 3 (Figura 18) está localizado a sudoeste da malha urbana e é referente a área em que foram implantados os conjuntos habitacionais Novo Oeste e Orestinho, entregues em 2013 e 2016. Este ponto conta com hipsometria e declividade, respectivamente, de aproximadamente 366 m e 4,42%.

Figura 18: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 3.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Conforme o Quadro 10, é possível observar os dados referentes aos aspectos urbanos e geocológicos da área em que foram implantados os conjuntos habitacionais Novo Oeste e Orestinho (ponto 3).

Quadro 10: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 3.

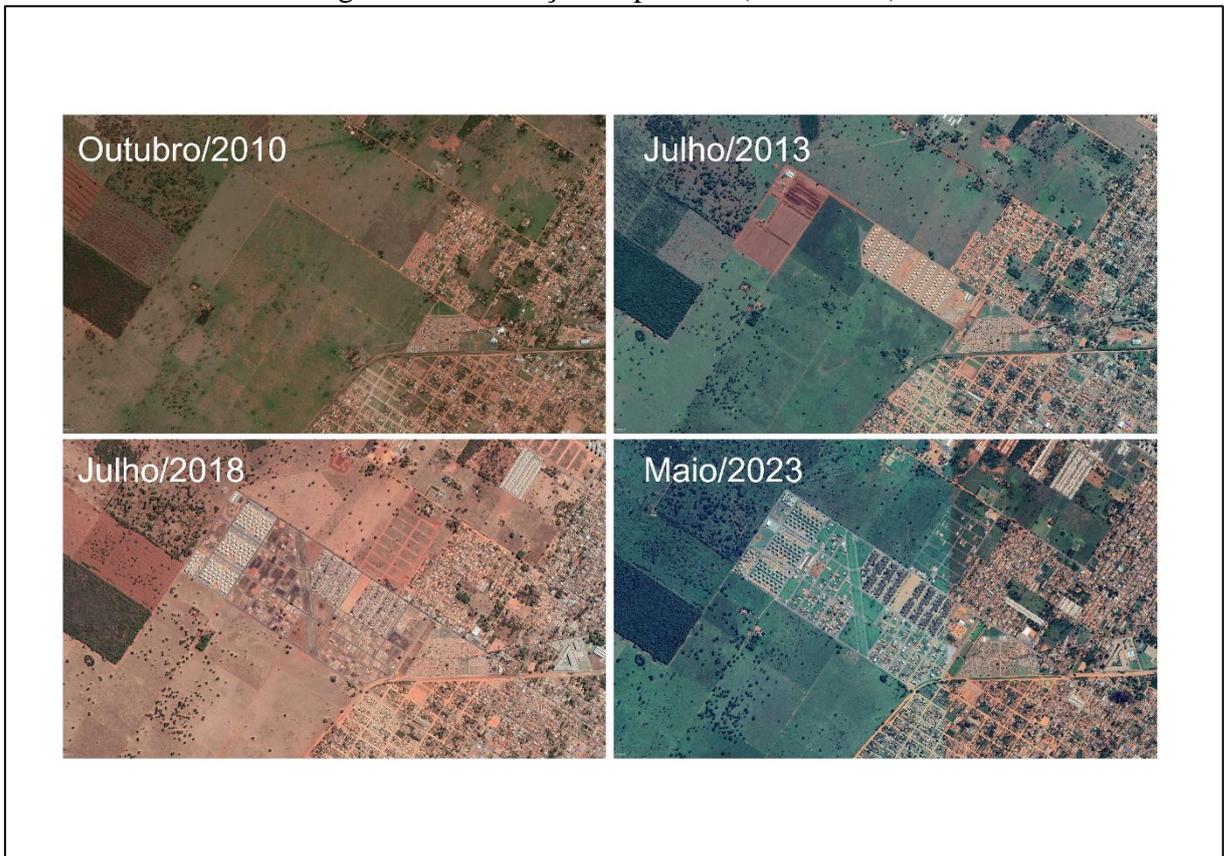
Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa e solo exposto	29,1 a 31 °C	0,07	366	4,42
2018	Construção esparsa pavimentada sem vegetação	29,1 a 31 °C	0,06	366	4,42
2023	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	31,1 a 33 °C	0,10	366	4,42

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

É pertinente pontuar que, em 2013, o conjunto habitacional vertical Orestinho estava em vias de construção, o que justifica a presença de solo exposto na área referente ao ponto 3, como pode ser verificado também na Figura 19. Deste modo, o uso e ocupação do solo nesta

área foi de vegetação baixa e solo exposto, com NDVI de aproximadamente 0,07. A temperatura superficial que se conformou variou entre 29,1 a 31 °C.

Figura 19: Mudanças no ponto 3 (2010-2023).



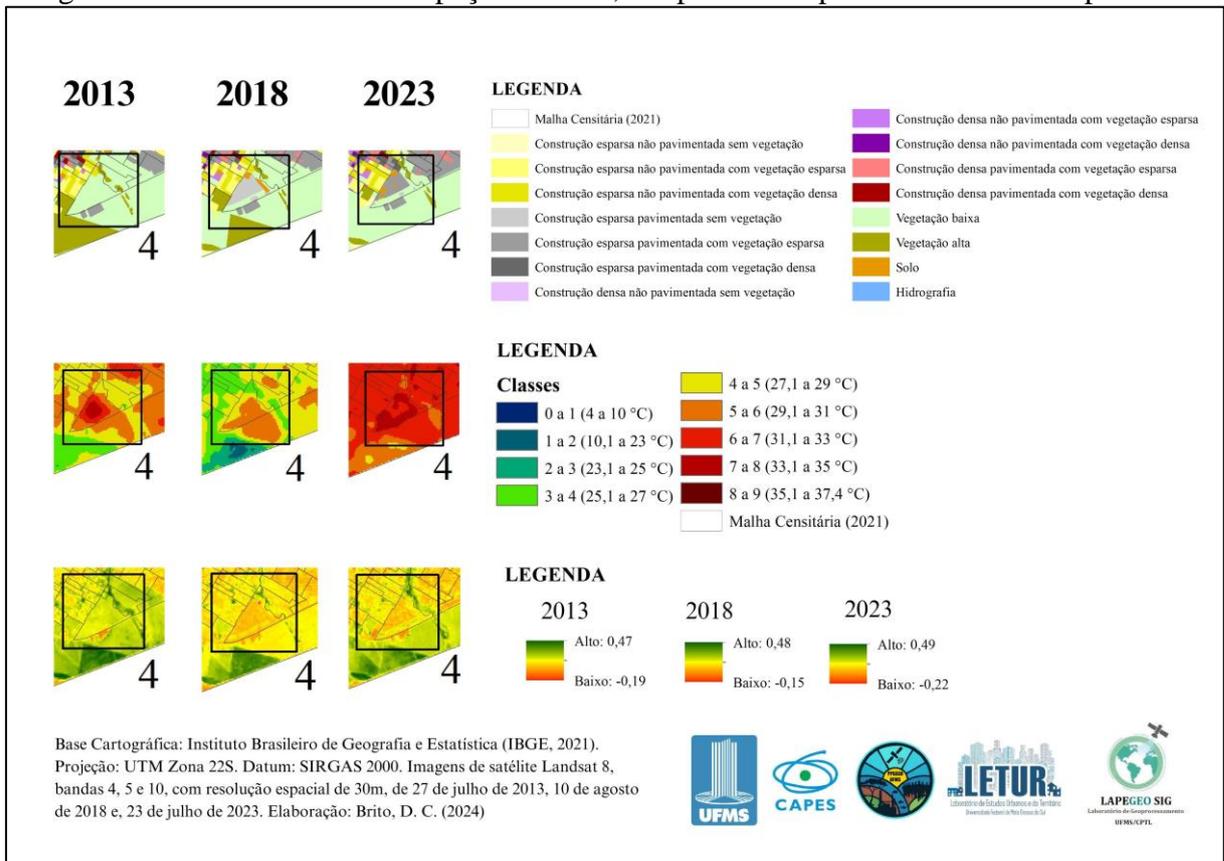
Fonte: Google Earth Pro (2010; 2013; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

Em 2018, com o conjunto habitacional vertical já entregue, pode-se observar a mudança na classe de uso e ocupação do solo para construção esparsa pavimentada sem vegetação, e o NDVI de 0,06. A temperatura superficial do ponto se manteve em 29,1 a 31 °C.

A classe de uso e ocupação do solo para 2023 foi de construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa, com NDVI de aproximadamente 0,10. No entanto, em relação a temperatura superficial nesta área, é possível observar, também, uma elevação em relação aos anos anteriores, variando entre 31,1 a 33 °C.

O ponto 4 (Figura 20) está localizado na porção sul da área urbana de Três Lagoas, no bairro Real Park, próximo ao Córrego da Onça. Apresenta hipsometria e declividade, respectivamente, de aproximadamente 321 m e 4,17%.

Figura 20: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 4.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

A seguir, está apresentado o Quadro 11, em que constam os dados dos aspectos urbanos e geocológicos que subsidiam a discussão que será realizada acerca do ponto 4, referente ao bairro Real Park.

Quadro 11: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 4.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa	33,1 a 35 °C	0,18	321	4,17
2018	Construção esparsa pavimentada sem vegetação	29,1 a 31 °C	0,09	321	4,17
2023	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	33,1 a 35 °C	0,12	321	4,17

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Em relação ao uso e ocupação do solo do ponto 4 em 2013, teve sua classificação apontada enquanto vegetação baixa. O valor do NDVI desse ponto foi de 0,18, com a temperatura superficial identificada nesta área da cidade sendo classificada enquanto variando

de 33,1 a 35 °C – um dos pontos de temperatura superficial mais elevada do mapa termal de 2013.

Em 2018, a área já contava com loteamentos e a presença de esparsas construções, configurando a mudança de classe no uso e ocupação do solo pra construção esparsa pavimentada sem vegetação, que pode ser apreendida a partir da Figura 21. O valor do NDVI sofreu uma redução de aproximadamente 0,09 em relação ao obtido para julho de 2013, e foi, assim, de 0,09 em 2018. No que tange a temperatura superficial, houve uma amenização em relação a 2013, variando de 29,1 a 31 °C.

Figura 21: Mudanças no ponto 4 (2013-2023).



Fonte: Google Earth Pro (2013; 2015; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

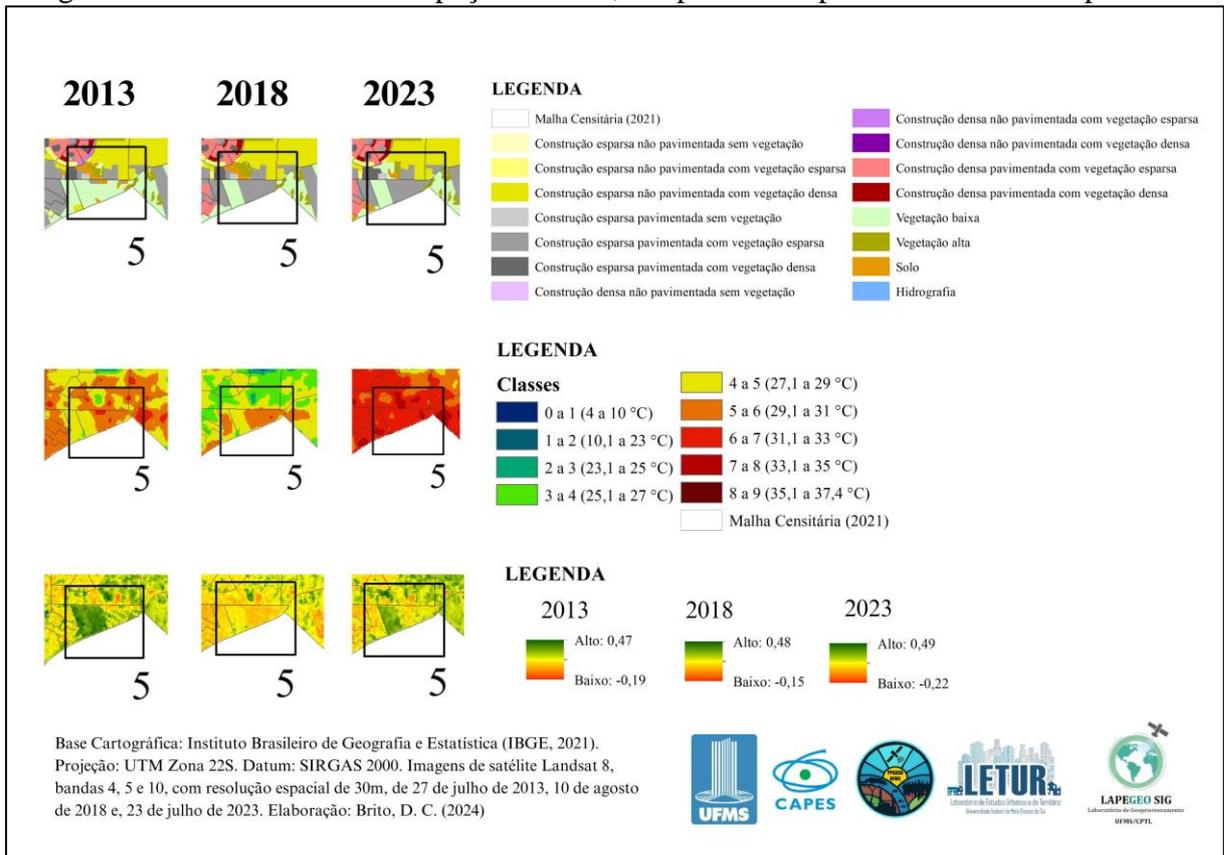
A partir da Figura 21, pode-se visualizar a mudança de classe de uso e ocupação do solo de 2013 para 2018, assim como a intensificação na produção de novas construções de 2018 para 2023. No entanto, é interessante pontuar que, assim como no ponto 2, referente ao bairro Alto da Boa Vista, em 2015 já é possível identificar a demarcação dos loteamentos na área referente ao ponto 4.

Em 2023, ocorre novamente a mudança de classe de uso e ocupação do solo para construção esparsa pavimentada com presença de vegetação esparsa, contendo tanto a presença

de um maior número de construções esparsas (como mencionado anteriormente), quanto a inserção de árvores em meio as quadras loteadas. O NDVI foi de 0,12, e a temperatura superficial foi relativamente mais elevada que os demais anos, variando de 33,1 a 35 °C.

O ponto 5 (Figura 22), localizado a leste da área urbana de Três Lagoas, está inserido no Residencial Bosque das Araras. A hipsometria e declividade referentes a este ponto são, respectivamente, de aproximadamente 302 m e 3,05%.

Figura 22: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 5.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

No Quadro 12, são apresentados os dados dos aspectos urbanos e geocológicos do ponto 4, Residencial Bosque das Araras, organizados com a finalidade de sintetizar os dados que endossam a análise a ser realizada sobre o ponto.

Quadro 12: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 5.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa	29,1 a 31 °C	0,18	302	3,05
2018	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	29,1 a 31 °C	0,07	302	3,05
2023	Construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa	31,1 a 33 °C	0,07	302	3,05

Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

Em 2013, o ponto de análise referente ao Residencial Bosque das Araras foi classificado enquanto uma área de vegetação baixa – no entanto, convém destacar que já havia a demarcação dos lotes e a presença de pavimentação em vias de finalização, conforme Figura 23. O NDVI apreendido no ponto foi de 0,18, e a temperatura superficial variou de 29,1 a 31 °C.

Figura 23: Mudanças no ponto 5 (2013-2023).



Fonte: Google Earth Pro (2013; 2015; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

A partir da Figura 23, nota-se já em 2015 a presença de construções esparsas no Residencial. Deste modo, há em 2018 a mudança de classe no uso e ocupação do solo desse

ponto, para construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa. O NDVI obtido foi de 0,07, apresentando diferença de aproximadamente 0,11 para 2013. Já em relação a temperatura superficial, se manteve com variação de 29,1 a 31 °C.

Em 2023 a classe de uso e ocupação do solo se manteve em construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa, bem como o NDVI do ponto se manteve em 0,07 – da mesma forma que constou em 2018. No entanto, houve uma elevação na temperatura superficial obtida, que em 2023 variou de 31,1 a 33 °C.

A partir das discussões realizadas nesta seção de análise multitemporal em relação aos aspectos urbanos e geocológicos na produção do clima urbano com foco em novas áreas construídas, percebe-se um aumento na temperatura superficial entre 2013 e 2023 nos pontos 1, 3 e 5.

No ponto 2, houve um aumento da temperatura superficial entre 2013 e 2018, no entanto a temperatura superficial se manteve na mesma classe entre 2018 e 2023. Convém destacar que em 2018 a área já estava, em boa parte, construída, o que pode explicar a constância da classe de temperatura superficial entre os anos de 2018 e 2023. Vale ressaltar também, em relação ao ponto 4, que a classe de temperatura superficial se mantém a mesma entre 2013 e 2023, no entanto há uma amenização no ano de 2018.

Em sua maioria, notou-se também que, ao passo que houve um acréscimo na temperatura superficial, houve também a queda no valor do NDVI – com exceção ao ponto 3, no entanto entende-se que o fato de em 2013 a área contar com solo exposto, pode ter influenciado no fato de que, ao passo que foram inseridas árvores nas quadras, houve um aumento no valor do NDVI para o ponto delimitado.

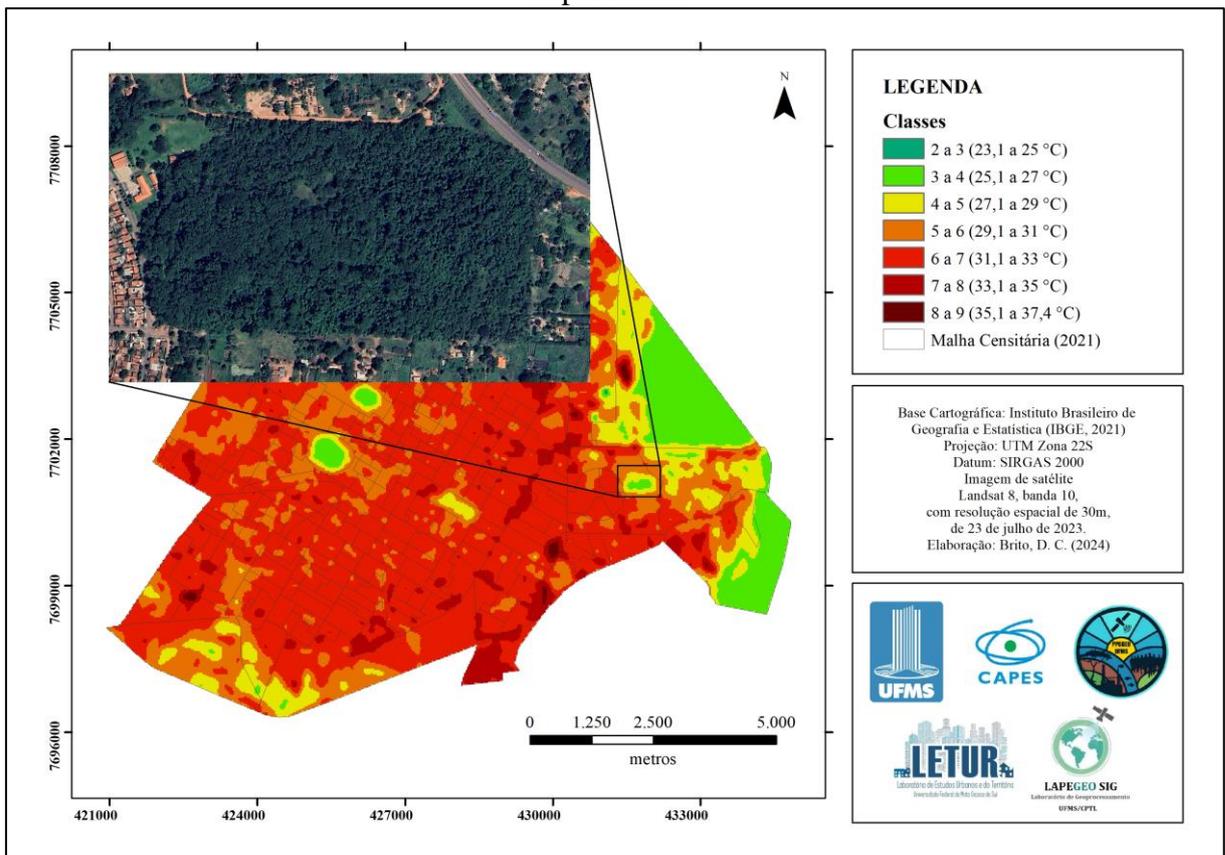
De tal maneira, observou-se as alterações que se deram no uso e ocupação do solo em Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023 em decorrência das ações articuladas dos agentes que produzem o espaço na cidade – no recorte analítico, convém destacar o Estado, o setor imobiliário e os proprietários fundiários –, culminou na transformação da superfície da cidade a partir de novas áreas construídas, implicando em uma articulação diferente na dinâmica interação da cidade e do clima local, ou seja, modificando a relação estabelecida no clima urbano.

A seguir, a pesquisa trabalhará em outra perspectiva analítica com a temperatura superficial na área urbana de Três Lagoas, uma vez que a análise levará em consideração os pontos em que se conformaram ilhas de calor superficiais – ou seja, as áreas com a concentração das temperaturas superficiais mais elevadas em relação à área de referência definida como parâmetro comparativo de vegetação alta e densa.

4.2 Ilhas de calor de superfície em Três Lagoas em 2023

Nesta seção, será realizada a análise dos pontos em que se manifestaram as mais elevadas temperaturas superficiais na área urbana de Três Lagoas, culminando em ilhas de calor. Nesse sentido, será feita uma análise multitemporal intencionando compreender a dinâmica da temperatura superficial nos pontos de análise ao longo dos anos com base em seus aspectos urbanos e geocológicos. Posteriormente, será feito o cálculo da intensidade das ilhas de calor superficiais identificadas, tendo como parâmetro de referência uma área de vegetação densa a oeste do bairro Vila Piloto, identificada na Figura 24. A área foi selecionada como parâmetro por se tratar de uma área de vegetação alta e densa próxima a cidade, tida enquanto Área de Preservação Ambiental, em que foi identificada uma das menores temperaturas superficiais da termal.

Figura 24: Área utilizada como parâmetro para análise da intensidade das ilhas de calor superficiais.

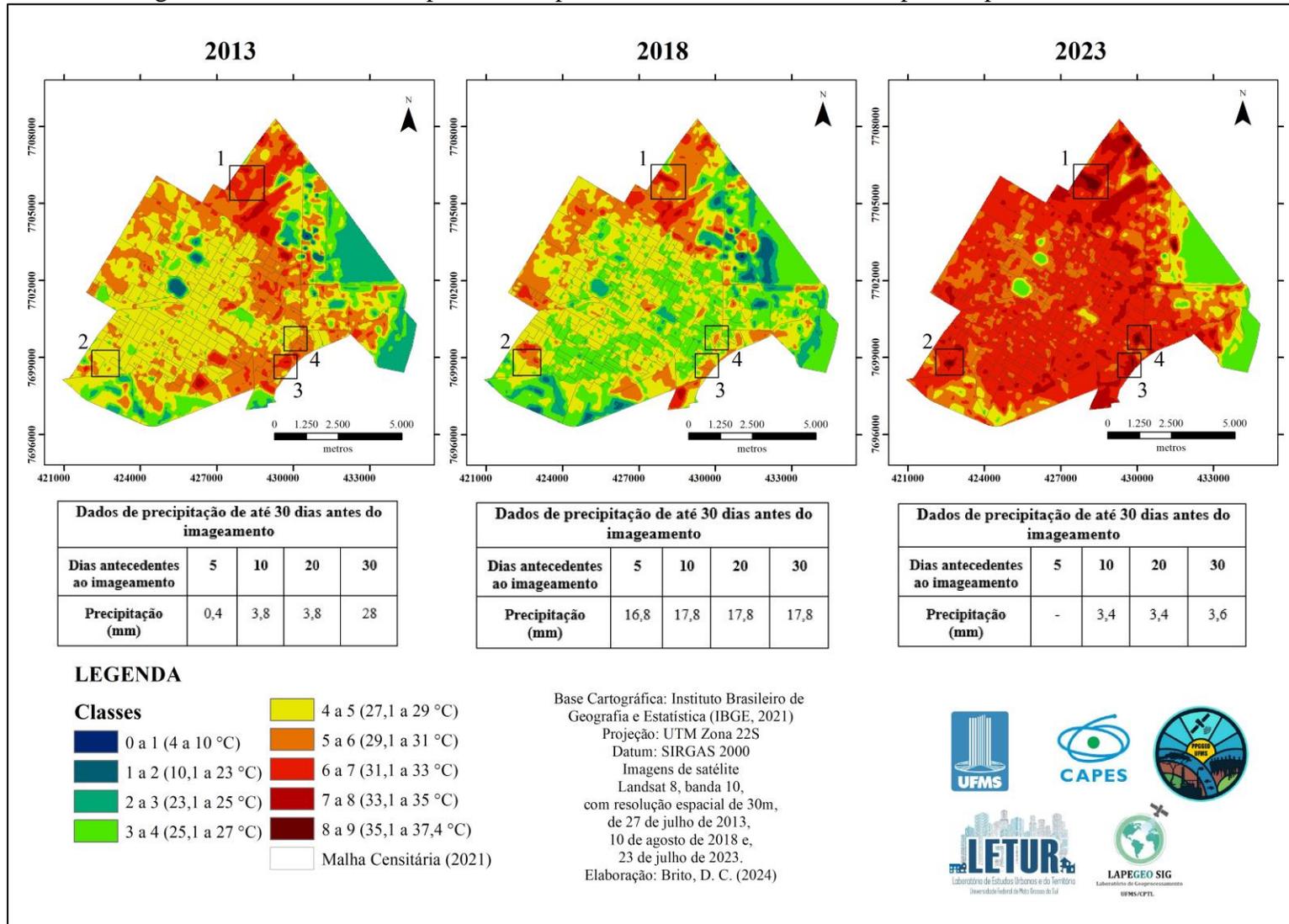


Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

Na Figura 25, referente ao mapa termal de 2023, pode-se observar a espacialização dos quatro pontos determinados para a análise nas diferentes temporalidades – sendo a ênfase, aqui,

nas ilhas de calor superficiais. Os quatro pontos delimitados para a análise são: 1) a norte, nas proximidades de um espaço residencial fechado; 2) a sudoeste, próximo ao bairro Jardim das Violetas; 3) a leste, em área composta por loteamentos no bairro Quinta da Lagoa; e 4) a leste, em uma extensa área descampada no bairro Vista Alegre.

Figura 25: Prancha das temperaturas superficiais de 2013, 2018 e 2023 para os pontos de análise.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

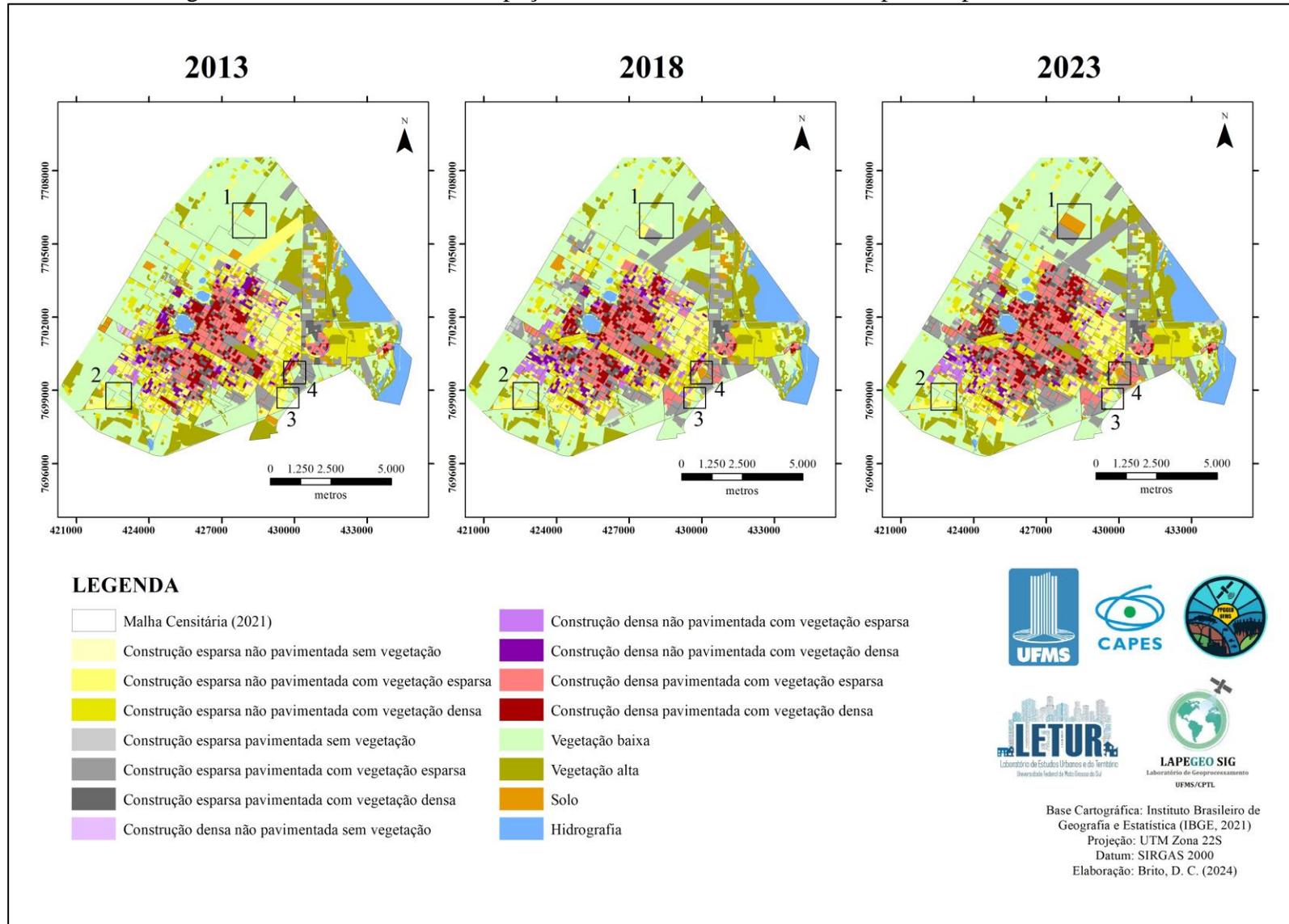
É possível observar a espacialização das temperaturas superficiais mais elevadas nas bordas intraurbanas da cidade, conformando ilhas de calor de superfície a norte, sudoeste e sudeste da área urbana, em áreas, predominantemente, de solo exposto e/ou vegetação baixa, conforme a classificação no uso e ocupação do solo. De tal modo, é pertinente levar em consideração os apontamentos em relação a espacialidade da distribuição da renda na área de estudo, uma vez que nas áreas em que foram identificadas ilhas de calor superficiais, a renda por domicílio varia entre 1 a 2 salários mínimos (Ortiz Porangaba; Bacani; Milani, 2020).

Quanto aos mapas de uso e ocupação do solo nas áreas em que se formaram ilhas de calor de superfície, foi organizada na Figura 26 uma prancha com a marcação dos pontos determinados para a análise, tendo como intuito apontar a sua espacialização na área urbana de Três Lagoas.

Vale ressaltar que, apesar de predominar áreas de vegetação baixa e solo exposto nos pontos de análise, são áreas que se encontram nas proximidades áreas construídas em que reside uma população com menor poder aquisitivo. De tal modo, uma vez que a temperatura da superfície influencia na temperatura do ar, as elevadas temperaturas superficiais que se manifestam nessas áreas podem repercutir na temperatura do ar das proximidades a partir dos efeitos de ventilação.

Assim, considerando a forma desigual da população de lidar com as elevadas temperaturas, a mitigação dessa problemática, seja com subsídios do poder público no investimento de recursos para amenizar a temperatura interna das casas e/ou com a implementação de vegetação adequada para amenizar a temperatura da cidade, é fundamental.

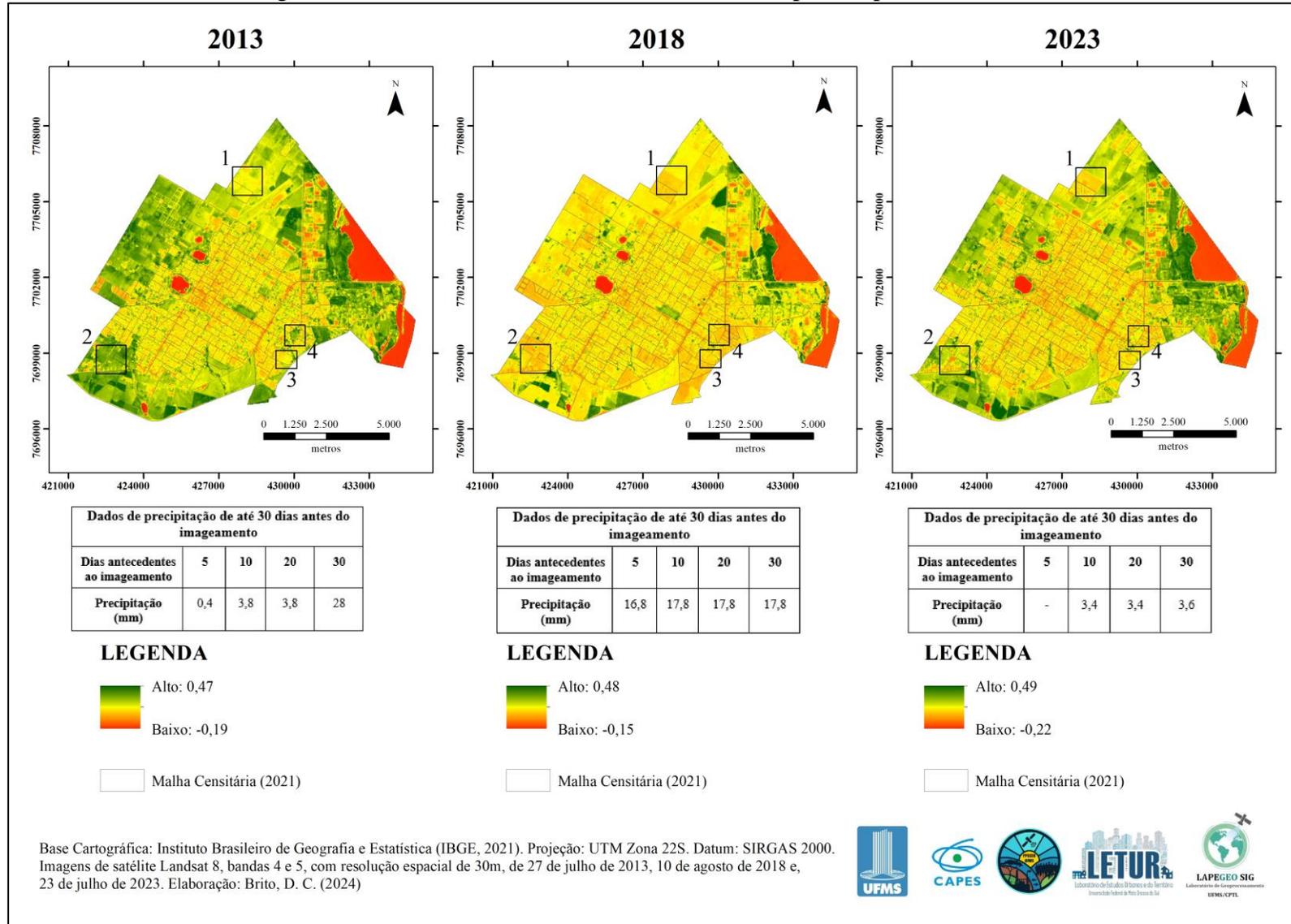
Figura 26: Prancha do Uso e ocupação do solo de 2013, 2018 e 2023 para os pontos de análise.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

A seguir, está elencada também uma prancha (Figura 27) contendo os mapas de NDVI em suas diferentes temporalidades, expressando a presença de vegetação na área urbana de Três Lagoas – mais especificamente nas áreas em que se propõe a realizar a análise, onde se formaram ilhas de calor superficiais. Assim como na Figura 13, os valores do NDVI obtidos a partir das imagens de satélite para o período de inverno dos anos de 2013, 2018 e 2023 variaram entre: -0,19 e 0,47 em 2013; -0,15 e 0,48 em 2018; e -0,22 e 0,49 em 2023.

Figura 27: Prancha do NDVI de 2013, 2018 e 2023 para os pontos de análise.

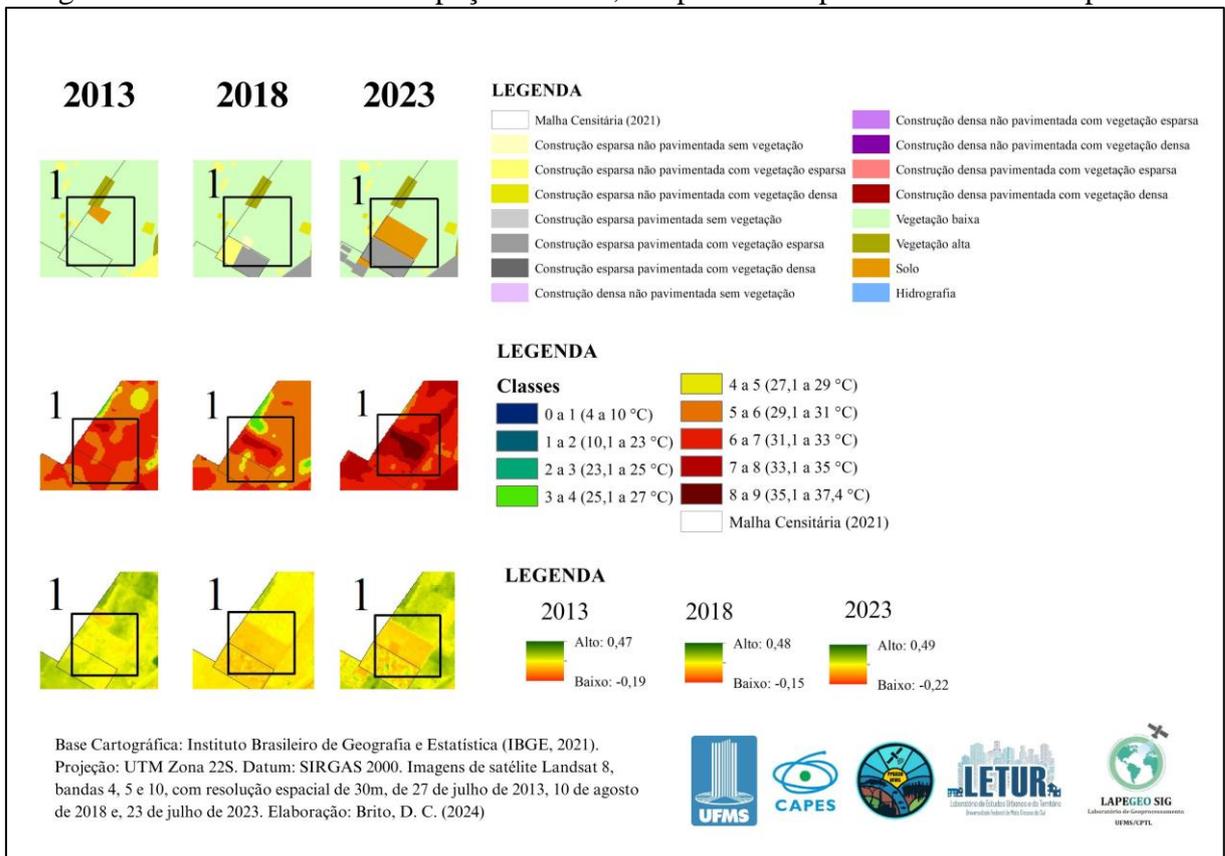


Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

A partir dos mapas apresentados de modo multitemporal, foram organizadas tabelas para cada ponto de análise, extraindo seus aspectos urbanos e geocológicos. O intuito é de compreender, nos diferentes anos, como se deu a dinâmica da temperatura superficial em relação ao clima urbano da cidade em cada ponto onde se manifestaram ilhas de calor superficiais em 2023.

O ponto 1 (Figura 28) está localizado a norte da área urbana de Três Lagoas, nas proximidades de um espaço residencial fechado – área onde, também, a partir de, aproximadamente, setembro de 2018, pode ser observado o surgimento de loteamentos, ou seja, uma porção da cidade para onde está ocorrendo a expansão da malha urbana. Sua hipsometria e declividade são de, respectivamente, em torno de 326 m e 1,4%.

Figura 28: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 1.



Fonte: O autor (2025). **Elaboração:** O autor (2025).

O Quadro 13 sintetiza os dados referentes aos aspectos urbanos e geocológicos do ponto localizado nas proximidades de um espaço residencial fechado, que serão utilizados na análise posteriormente.

Quadro 13: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 1.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa	29,1 a 31 °C	0,15	326	1,4
2018	Vegetação baixa	31,1 a 33 °C	0,09	326	1,4
2023	Solo exposto	35,1 a 37,4 °C	0,10	326	1,4

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Em 2013, pode-se observar que o ponto 1 teve como classificação de uso e ocupação do solo a classe de vegetação baixa, sendo pertinente destacar que neste momento ainda não havia sido implantado o espaço residencial fechado referido anteriormente, como pode ser observado na Figura 29. O NDVI obtido para o ponto foi de 0,15, e a temperatura superficial variou de 29,1 a 31 °C.

Figura 29: Mudanças no ponto 1 (2013-2023).



Fonte: Google Earth Pro (2013; 2018; 2023). Elaboração: O autor (2025).

De tal modo, a Figura 29 indica uma área para onde a cidade tem se expandido com o surgimento de um espaço residencial fechado e, posteriormente, a inserção de loteamentos abertos em seu entorno a partir de 2018. Em 2023 pode-se observar na área em questão, o

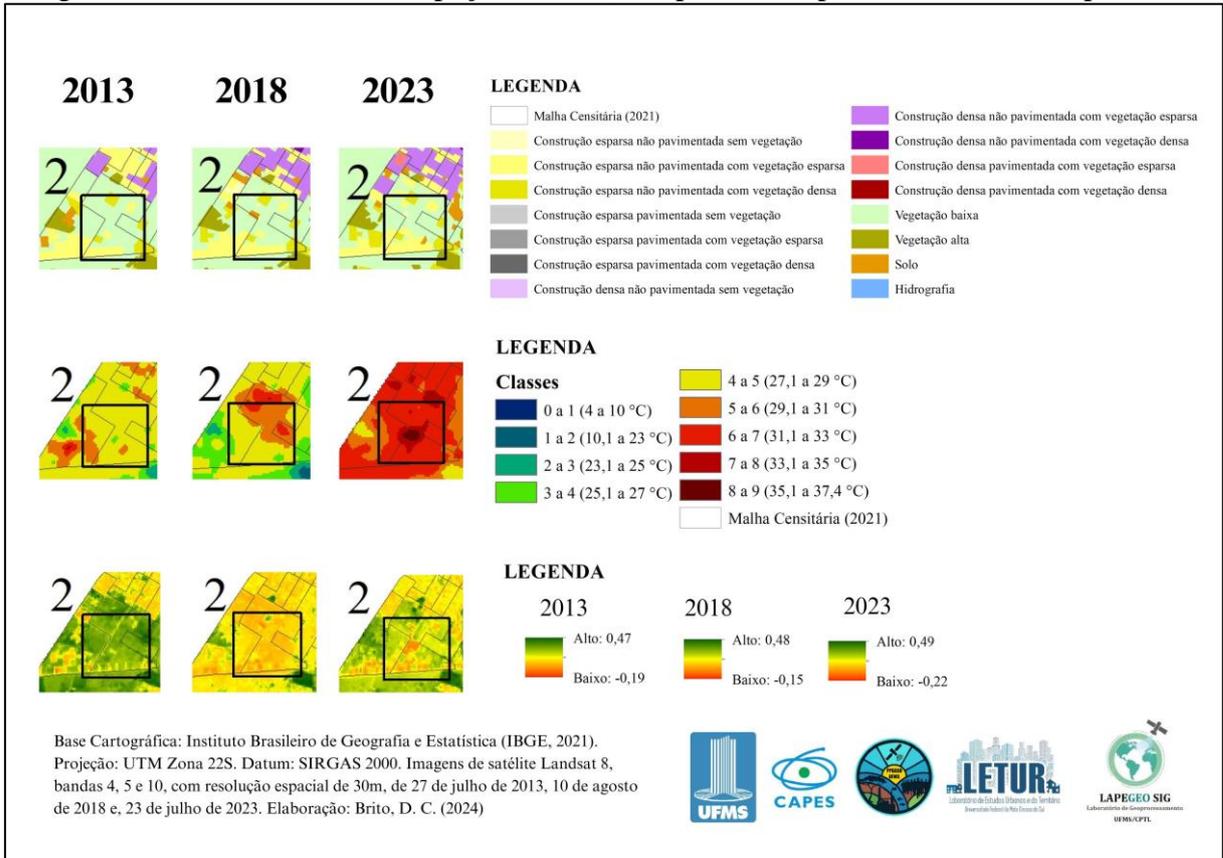
surgimento de novas construções e pavimentação em uma porção dos loteamentos próximos a área em que se formou uma ilha de calor superficial em 2023 – vale destacar que a imagem utilizada no exemplo, obtida por meio do *software* Google Earth Pro é referente a janeiro de 2023, o que explica a diferença em relação a classe de uso e ocupação do solo em que é considerada como solo exposto.

Para o ano de 2018, o uso e ocupação do solo do ponto 1 se manteve em vegetação baixa – no entanto, com pequena parcela de solo exposto próximo a área em que foi implantado o espaço residencial fechado. O NDVI obtido foi de aproximadamente 0,09, com temperatura superficial variando de 31,1 a 33 °C – havendo, assim, uma leve elevação em relação ao ano de 2013.

O uso e ocupação do solo em 2023 se manteve em vegetação baixa, com a presença da parcela de solo exposto próxima ao espaço residencial fechado, e NDVI de aproximadamente 0,09. No entanto, a temperatura superficial deste ponto foi uma das mais elevadas de toda a área urbana, tendo variação de 35,1 a 37,4 °C, ou seja, ocorrendo novamente uma elevação em relação a 2013 e 2018.

O ponto 2 (Figura 30) está localizado na Chácara Imperial, a sudoeste da área urbana de Três Lagoas, próximo ao bairro Jardim das Violetas, e pode ser identificado, também, na Figura 31. Neste ponto, a hipsometria e declividade têm, em torno de, respectivamente, 344 m e 6,7%.

Figura 30: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 2.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Com base no Quadro 14 é possível observar os dados dos aspectos urbanos e geocológicos apreendidos para o ponto 2 (Chácara Imperial), que serão trabalhados ao longo na análise.

Quadro 14: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 2.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa	27,1 a 29 °C	0,28	344	6,7
2018	Vegetação baixa	29,1 a 31 °C	0,07	344	6,7
2023	Vegetação baixa	35,1 a 37,4 °C	0,04	344	6,7

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

O uso e ocupação do solo do ponto 2 em 2013 era de vegetação baixa, por se tratar de uma área de pastagem com a esparsa presença de árvores, como pode ser visualizado na Figura 31. Assim, o NDVI obtido foi de 0,28, com a temperatura superficial variando de 27,1 a 29 °C.

Figura 31: Mudanças no ponto 2 (2013-2023).



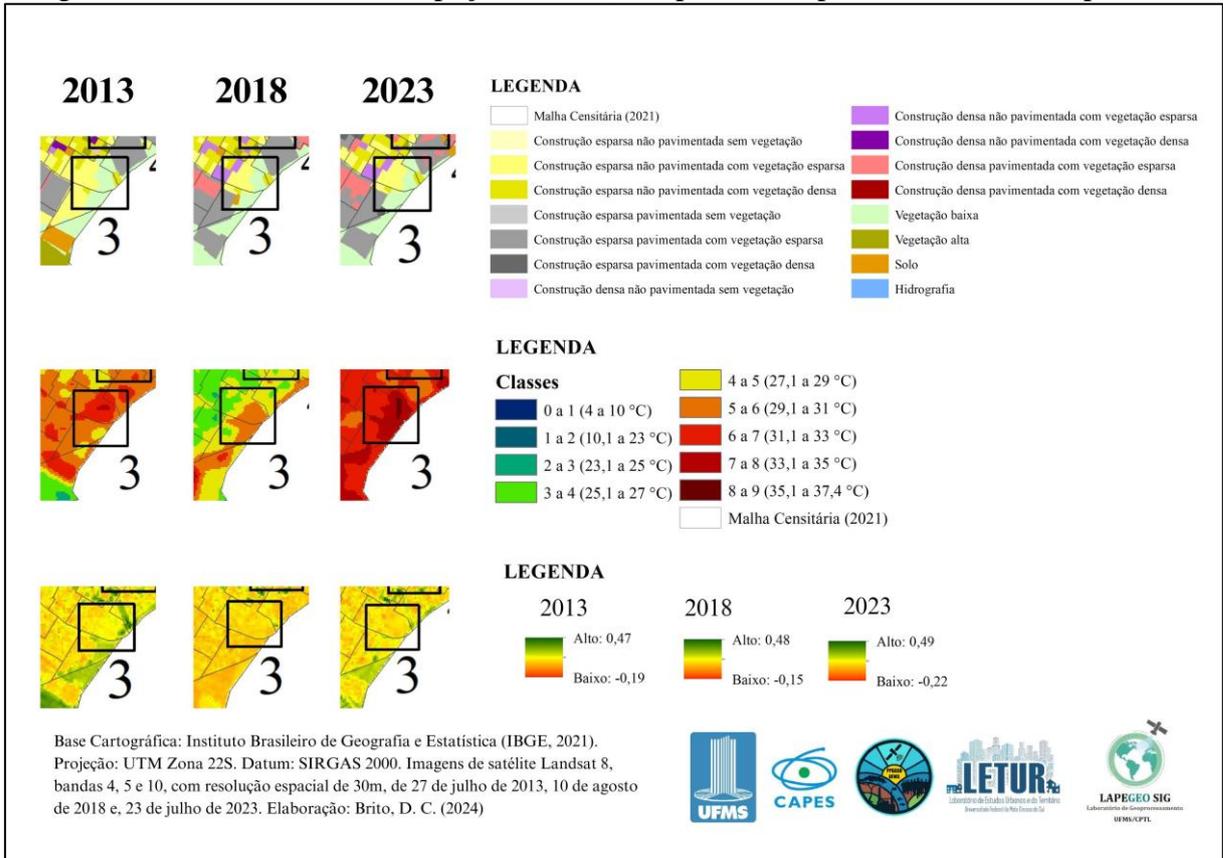
Fonte: Google Earth Pro (2013; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

Em 2018 o uso e ocupação do solo neste ponto se manteve na classe de vegetação baixa (com a esparsa presença de árvores), no entanto, houve uma redução no valor do NDVI, que foi de 0,28 em 2013 para 0,07 em 2018. Se por um lado o valor do NDVI diminuiu, por outro a temperatura superficial desse ponto se elevou, de 27,1 a 29 °C em 2013 para 29,1 a 31 °C em 2018.

Quanto ao uso e ocupação do solo no ano de 2023, não houve mudança em relação a classe de vegetação baixa apreendida em 2013 e 2018. O NDVI obtido para este ponto em 2023 foi de 0,04, valor pouco abaixo do obtido para 2018, no entanto, com elevação em relação a temperatura superficial, que variou de 35,1 a 37,4 °C, sendo uma das áreas de temperatura superficial mais elevada da cidade.

O ponto 3 (Figura 32) da análise está localizado a leste da área urbana de Três Lagoas, e é referente a uma área composta por loteamentos no bairro Quinta da Lagoa. A hipsometria e declividade do ponto de análise são de respectivamente, 319 m e 4,2%.

Figura 32: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 3.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Conforme consta no Quadro 15, é possível observar os dados obtidos dos aspectos urbanos e geocológicos referentes ao ponto 3. Com base nesses dados será desdobrada a análise da área composta por loteamentos do bairro Quinta da Lagoa.

Quadro 15: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 3.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa	31,1 a 33 °C	0,16	319	4,2
2018	Vegetação baixa	29,1 a 31 °C	0,11	319	4,2
2023	Vegetação baixa	35,1 a 37,4 °C	0,13	319	4,2

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Em 2013 o uso e ocupação do solo nesse ponto era referente a classe de vegetação baixa, havendo a demarcação dos lotes, conforme Figura 33. O NDVI obtido foi de 0,16, com temperatura superficial variando de 31,1 a 33 °C, sendo uma das áreas de temperatura da superfície mais elevada na área urbana de Três Lagoas em 2013.

Figura 33: Mudanças no ponto 3 (2013-2023).



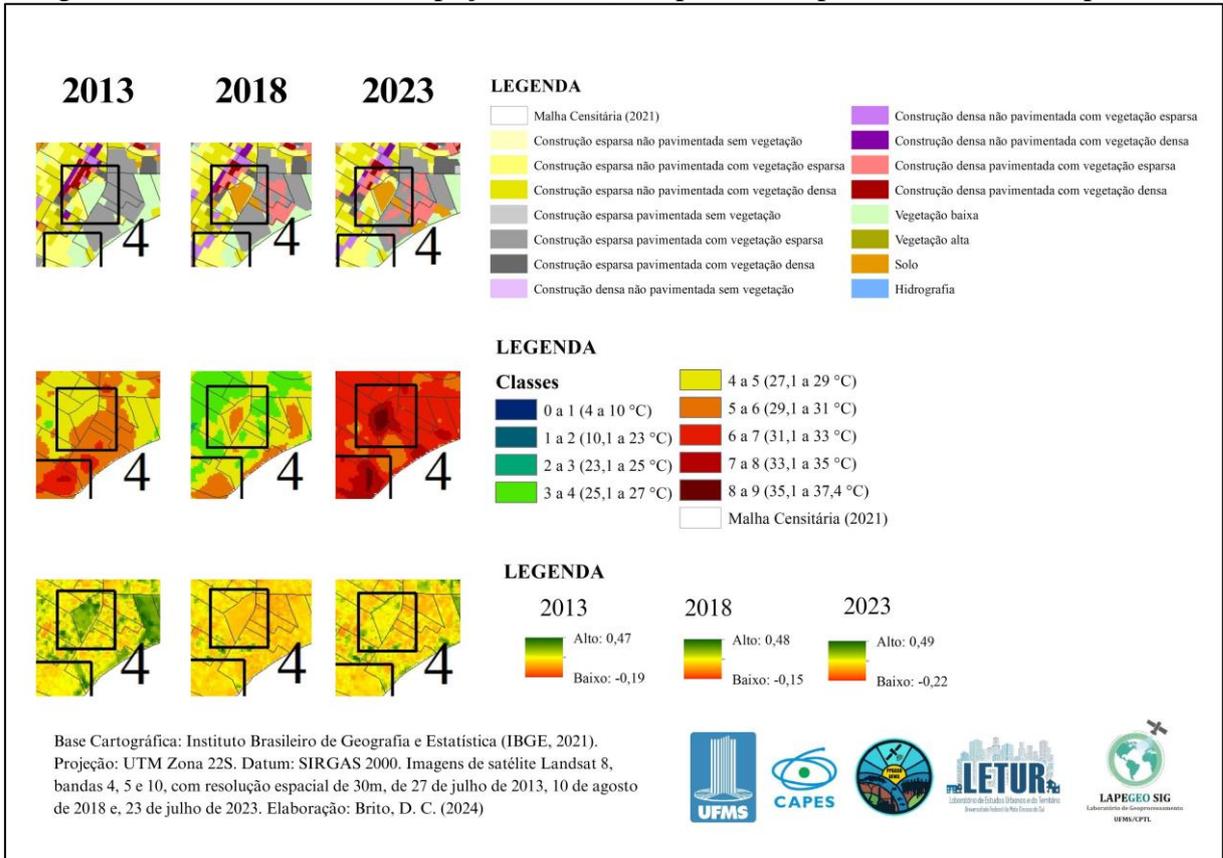
Fonte: Google Earth Pro (2013; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

Em relação ao ano de 2018, a área de loteamentos do bairro Quinta da Lagoa manteve o uso e ocupação do solo na classe de vegetação baixa, no entanto com uma redução no valor do NDVI, que foi de 0,16 em 2013 para 0,11 em 2018. No entanto, no que tange a temperatura superficial, foi menos intensa do que em 2013, variando de 29,1 a 31 °C.

O uso e ocupação do solo deste ponto em 2023 não sofreu alteração, se mantendo na classe de vegetação baixa, com a demarcação dos lotes, no entanto ainda sem pavimentação. O NDVI que obtivemos foi de 0,13, apontando um leve aumento em relação a 2018, mas ainda abaixo do valor de 0,16 de 2013. A temperatura superficial, contudo, teve considerável elevação em relação aos demais anos, formando uma ilha de calor superficial nesta área da cidade, variando de 35,1 a 37,4 °C.

O ponto 4 (Figura 34), referente a uma extensa área descampada no bairro Vista Alegre, está localizado a leste da área urbana de Três Lagoas. É uma área em que a hipsometria e declividade têm aproximadamente 320 m e 2,8%, respectivamente.

Figura 34: Síntese do uso e ocupação do solo, temperatura superficial e NDVI do ponto 4.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Os dados dos aspectos urbanos e geocológicos do ponto 4, da extensa área descampada no bairro Vista Alegre, foram organizados e sintetizados para auxiliar na análise, como consta no Quadro 16, a seguir:

Quadro 16: Aspectos urbanos e geocológicos do ponto 4.

Ano	Uso e ocupação do solo	Temperatura superficial (°C)	NDVI	Hipsometria (m)	Declividade (%)
2013	Vegetação baixa	27,1 a 29 °C	0,25	320	2,8
2018	Solo exposto	29,1 a 31 °C	0,08	320	2,8
2023	Solo exposto	35,1 a 37,4 °C	0,12	320	2,8

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

O uso e ocupação do solo deste ponto em 2013 é caracterizado pela classe de vegetação baixa, com a presença de esparsas árvores. O valor do NDVI apreendido a partir do sensoriamento remoto foi de aproximadamente 0,25. A temperatura superficial que se manifestou variou de 27,1 a 29 °C no ponto de análise em questão.

Em 2018, há a alteração na classe de uso e ocupação do solo apontada em 2013 como vegetação baixa, para solo exposto, como pode ser observado na Figura 35. Há também alteração em relação ao NDVI, cujo valor passa a ser de 0,08, e a temperatura superficial variando de 29,1 a 31 °C, apontando uma elevação em relação a 2013.

Figura 35: Mudanças no ponto 4 (2013-2023).



Fonte: Google Earth Pro (2013; 2018; 2023). **Elaboração:** O autor (2025).

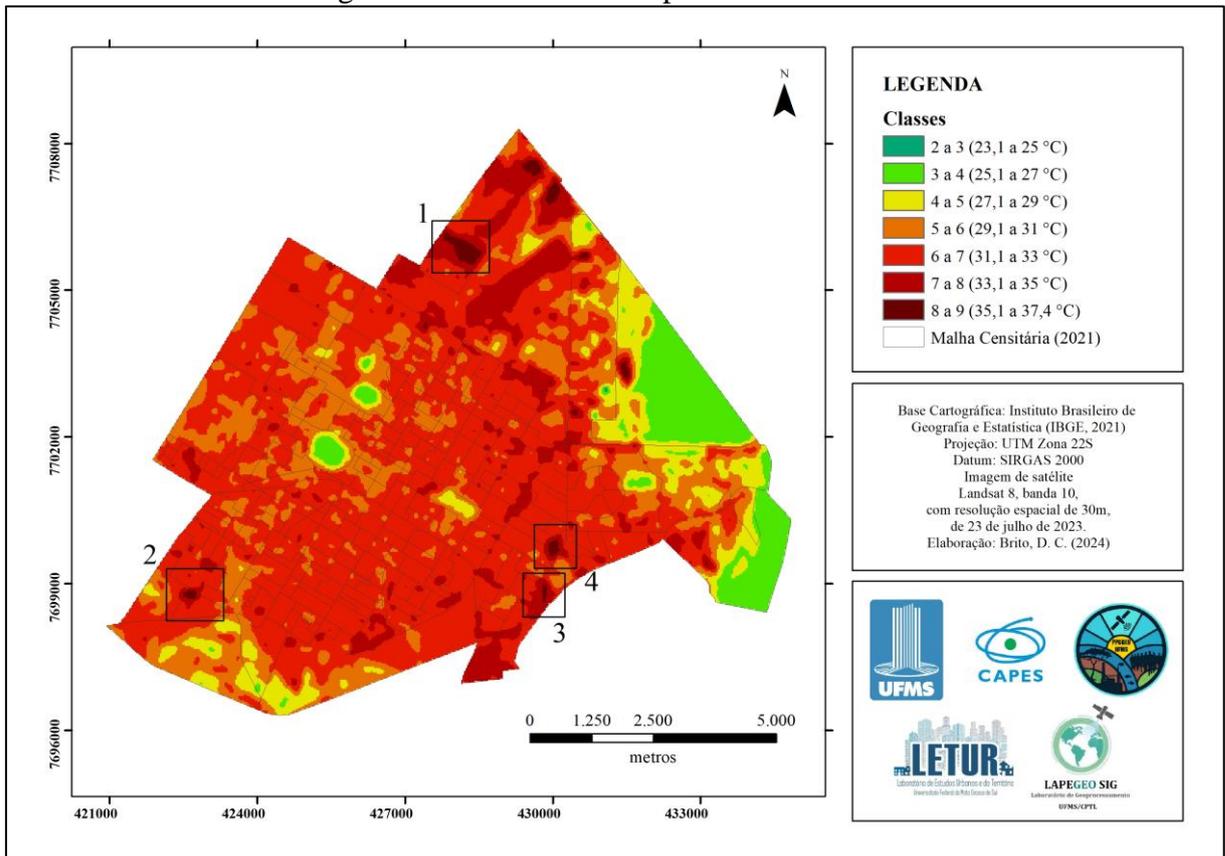
A classe de uso e ocupação do solo identificada em 2018, de solo exposto, se manteve em 2023, no entanto, houve um aumento no valor do NDVI obtido, sendo de 0,12. Contudo, foi uma área em que se manifestou uma ilha de calor superficial, com temperatura da superfície variando de 35,1 a 37,4 °C.

Neste sentido, pode-se observar de forma multitemporal até então como se deu a dinâmica espacial das ilhas de calor superficiais apreendidas em 2023, havendo a ocorrência, por exemplo, de temperaturas mais elevadas nas mesmas áreas em diferentes anos, como é o caso do ponto 1 em 2018 e 2023, e o ponto 3 em 2013 e 2023.

A seguir, será realizada uma discussão sobre a intensidade das ilhas de calor superficiais identificadas na área urbana de Três Lagoas em 2023. Para isso, foi adotada como parâmetro comparativo para definir a intensidade uma área de vegetação densa localizada a leste do bairro

Vila Piloto, que apresentou uma das menores temperaturas da imagem termal de 2023 (em exceção algumas áreas de corpos hídricos), apresentada no início da seção na Figura 24. Essa área, convém destacar que, em 2023, apresentou NDVI com valores de aproximadamente 0,40, e temperatura superficial variando de 25,1 a 27 °C – de modo geral, em torno de 26 °C.

Figura 36: Ilhas de calor superficiais em 2023.



Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

No mapa referente a 2023 (Figura 36), observa-se que os pontos selecionados para a análise em que se formaram ilhas de calor superficiais estão localizados nas bordas da área urbana, e todos contam com temperatura superficial variando entre 35,1 a 37,4 °C. Foi elaborado o Quadro 17, contendo intensidade das ilhas de calor superficiais dos pontos de análise em relação a área de referência utilizada como parâmetro.

Quadro 17: Intensidade das Ilhas de calor superficiais em 2023.

Ponto	Uso e ocupação do solo	TS Urbana (°C)	TS Referência (°C)	Intensidade (°C)	NDVI
1	Vegetação baixa	35,1 a 37,4 °C	25,1 a 27 °C	10 a 10,4 °C	0,10
2	Vegetação baixa	35,1 a 37,4 °C	25,1 a 27 °C	10 a 10,4 °C	0,04
3	Vegetação baixa	35,1 a 37,4 °C	25,1 a 27 °C	10 a 10,4 °C	0,13
4	Solo exposto	35,1 a 37,4 °C	25,1 a 27 °C	10 a 10,4 °C	0,12

Fonte: O autor (2025). Elaboração: O autor (2025).

Um primeiro ponto de discussão diz respeito a temperatura superficial obtida nas ilhas de calor superficiais, que variou, em todos os pontos, de 35,1 a 37,4 °C. Além disso, o NDVI para os pontos 1 a 4 foi composto por valores baixos, que coadunam para a menor capacidade dessas áreas de amenização da temperatura superficial pela evapotranspiração.

Assim, é possível observar que a intensidade das ilhas de calor superficiais identificadas na área urbana de Três Lagoas em 2023, referente aos pontos 1 a 4, variou de 10 a 10,4 °C em relação a área de vegetação densa utilizada como parâmetro de comparação para a análise por conter uma das temperaturas mais baixas do mapa termal, como referido anteriormente.

É interessante destacar, para além da intensidade das ilhas de calor verificadas, que a temperatura superficial em grande parte da área urbana de Três Lagoas, salvo exceção as áreas próximas as três lagoas (onde há maior concentração de vegetação), variou entre 31,1 a 33 °C, o que resulta em uma diferença de 6 a 8 °C em relação a área de vegetação densa – valor considerável ao pensar na sensação térmica¹¹ que acometeu grande parte da cidade, principalmente a camada da sociedade que não dispõe de meios para lidar com as elevadas temperaturas superficiais que incidem sobre o espaço da cidade e influem diretamente na camada da atmosfera mais próxima à superfície, elevando a temperatura do ar.

De tal modo, é pertinente destacar as características de uso e ocupação do solo nas áreas em que se concentraram as mais elevadas temperaturas superficiais em 2023, sendo, em síntese, áreas de vegetação baixa e/ou solo exposto, implicando em um reduzido NDVI. Este resultado aponta para as particularidades que formam o clima urbano das cidades e estão associadas ao contexto do clima regional e as características locais.

¹¹ Entendida aqui enquanto associada a percepção que os sujeitos sociais têm do ambiente a partir de suas preferências, estando relacionada a fatores como a temperatura e umidade do ar, e velocidade dos ventos (Lin *et al.*, 2010).

A incidência de elevadas temperaturas no contexto climático local, atrelada às características da produção do espaço resultante do processo de formação socioespacial peculiar da cidade, implicam em uma organização espacial específica, que influi na formação do clima urbano.

Em síntese, fica evidente a pertinência de estudos que contemplem a realidade local e que articulem os aspectos urbanos e geocológicos que caracterizam o recorte espacial da pesquisa, uma vez que a produção do clima urbano está assentada na relação dialética entre a cidade e o clima local. Destarte, o uso e ocupação do solo terá especificidades em suas características e distribuição pelo espaço da cidade, constituindo complexidades e dinâmicas a produção do clima urbano, tais como a concentração de elevadas temperaturas superficiais em determinadas áreas da cidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção da pesquisa é realizada em um processo formado por diferentes e múltiplas etapas, que se complementam e dão ao trabalho, em síntese, uma totalidade que visa atender objetivos previamente pontuados, com a aplicação do conjunto de procedimentos realizados ao longo da trajetória da pesquisa.

Neste sentido, a partir da pesquisa realizada, foi possível observar, em primeira instância, a pertinência de uma visão integrada dos processos que ocorrem simultaneamente no movimento da realidade, no caso dessa pesquisa, na constituição de um clima urbano a partir da ação articulada de um conjunto de agentes e elementos locais em suas complexidades.

O crescimento populacional evidenciado nas últimas décadas na cidade trouxe à tona a inquietação de analisar, no âmbito do clima urbano, possíveis rebatimentos da produção da cidade na produção do clima urbano, uma vez que houve um acelerado crescimento também da malha urbana com a produção de novas áreas construídas e transformação da superfície da cidade.

Além disso, a localização geográfica de Três Lagoas em uma região de clima tropical semiseco, em um contexto de mudanças climáticas, causa inquietação no que tange questões climáticas como a formação de ilhas de calor superficiais na área urbana, visto que representam um risco, principalmente para a população de baixa renda que não tem possibilidade de lidar com as elevadas temperaturas e conviver com episódios de calor extremo.

Para isso, a metodologia do trabalho foi fundamentada no Sistema Clima Urbano (SCU), especificamente o subsistema termodinâmico. De tal forma, estudar o clima urbano requer adentrar a cidade para compreender suas especificidades e assim caracterizá-la no âmbito da pesquisa. Para isso, buscou-se realizar uma caracterização de aspectos gerais, urbanos e geocológicos da área de estudo, no intuito de carregar na análise as particularidades do clima local, bem como do sítio urbano.

Para subsidiar as discussões e o entendimento da realidade analisada, foi de suma importância a revisão literária ao longo de todo trajeto de pesquisa, compondo um referencial teórico que articulasse a produção do espaço urbano (por meio da organização espacial) ao processo de produção do clima urbano.

A partir da elaboração e análise dos produtos cartográficos deste trabalho (mapas temais, de NDVI e uso e ocupação do solo) articulada a caracterização da área de estudo e ao referencial teórico, foi possível realizar a análise da formação de um clima urbano em Três Lagoas de forma multitemporal, levando em consideração o processo de expansão da malha

urbana e as características térmicas locais, atendendo ao objetivo central proposto para a pesquisa.

De tal modo, foi identificado o uso e ocupação do solo da área de estudo por meio dos mapas de uso e ocupação do solo. A elaboração dos mapas permitiu também abordar e analisar a expansão urbana da cidade de Três Lagoas multitemporalmente, identificando novas áreas construídas no decorrer dos anos delimitados para a análise, como discutido no capítulo 2.3. Destarte, pode-se abarcar os objetivos específicos “a) abordar e analisar a expansão urbana da cidade de Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023” e “c) Identificar o uso e ocupação do solo da superfície de Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023”.

Com base nos mapas temais elaborados e analisados, referentes aos anos de 2013, 2018 e 2023, foi possível atender ao objetivo específico “b) averiguar as temperaturas da superfície de Três Lagoas nos anos de 2013, 2018 e 2023”. Desta forma, foi averiguada a temperatura superficial multitemporalmente: em novas áreas construídas identificadas por meio da análise dos mapas de uso e ocupação do solo; e na formação de ilhas de calor superficiais no ano de 2023, levando em consideração a intensidade das mesmas em relação a uma área de vegetação densa (parâmetro comparativo).

Assim, foi pertinente levar em consideração na análise as características da temperatura do ar e precipitação nos 5, 10, 20 e 30 dias anteriores à tomada da imagem de satélite, bem como a ocorrência do fenômeno El Niño em 2023, na contextualização da atmosfera nos anos definidos para a análise. A partir dessa contextualização, observou-se a incidência de mais precipitação no ano de 2018, e mais elevada temperatura do ar em 2023.

Notou-se a elevação da temperatura superficial em quatro dos cinco pontos de análise das novas áreas construídas, com exceção ao ponto quatro, localizado a sul da área urbana, no bairro Real Park, em que a temperatura superficial em 2023 se manteve na mesma classe de 2013, tendo como características, em 2023, a classe de construção esparsa pavimentada com vegetação esparsa. Assim, pode-se pensar em relação ao objetivo específico “d) identificar se há uma relação entre expansão urbana e alterações do clima urbano local”, no sentido de que, a partir dos dados analisados, foi observado um aumento na temperatura superficial nas novas áreas construídas, que pode estar atrelada aos materiais utilizados no processo de modificação da superfície.

Em relação às áreas de ilhas de calor superficial, os quatro pontos de análise em que foram identificadas as mais elevadas temperaturas superficiais foram referentes a áreas de vegetação baixa e/ou solo exposto, com a intensidade de aproximadamente 10 a 10,4 °C em relação a área de vegetação densa delimitada enquanto parâmetro comparativo.

Destarte, ressalta-se a importância da análise do clima urbano em cidades tropicais, cujas dinâmicas climáticas são particulares à região em que se localiza o espaço urbanizado, bem como as especificidades do espaço urbano seguem a lógica da realidade local na produção do espaço, deixando em aberto a possibilidade de novos estudos que trabalhem a produção do espaço e do clima urbano, articulando dialeticamente o clima local às particularidades do espaço produzido.

Neste sentido, a partir da análise das novas áreas construídas, foi possível articular a ação dos agentes que produzem a cidade e influenciam em sua organização espacial e, respectivamente, no clima urbano que se forma, uma vez que a dinâmica entre o clima local e o espaço urbanizado é modificada com a transformação da superfície da cidade em seu movimento de expansão e crescimento.

Por meio da análise das ilhas de calor superficiais foi possível identificar as áreas em que se concentram as mais elevadas temperaturas superficiais na cidade e suas características de uso e ocupação do solo e NDVI. De tal maneira, a dinâmica do clima urbano e formação de ilhas de calor superficiais de inverno estão atreladas a produção do espaço da cidade em suas particularidades, à medida que a organização do espaço está vinculada a ação dos agentes produtores do espaço que influem sobre as modificações do uso e ocupação do solo na cidade.

Em síntese, visou-se contribuir para a compreensão do clima urbano de Três Lagoas a partir da análise multitemporal da temperatura superficial da cidade, identificando a forma como a expansão urbana incide sobre o clima urbano da cidade, e as áreas em que, em período de inverno, se formaram ilhas de calor superficiais – que vão influir na camada de ar mais próximo a superfície, e conseqüentemente sobre a vida da população, de desiguais formas, compondo mais uma dimensão das muitas desigualdades que caracterizam a vida nas cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. P. **COMPORTAMENTO DAS PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE TRÊS LAGOAS, MATO GROSSO DO SUL, NO PERÍODO DE 1983 A 2015**. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2018.

ALMEIDA, R. M.; MILANI, P. H. A RESISTÊNCIA AO ESTILO DE RESIDÊNCIAS VERTICAIS NOS CONJUNTOS HABITACIONAIS EM TRÊS LAGOAS-MS. **Formação (Online)**, [S. l.], v. 27, n. 52, p. 283-300, 2021. DOI: 10.33081/formacao.v27i52.6930. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/6930>. Acesso em: 12 ago. 2024.

ALVES, W. S.; MARIANO, Z. F. A influência dos fatores geocológicos e geourbanos no clima urbano de Iporá-GO: uma análise a partir dos métodos de correlação e regressão linear. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 19, p. 319-334. 2021. DOI: 10.5380/abclima.v19i0.39062. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13923>. Acesso em: 25 abr. 2024.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano (climatology and urban space management). **Revista Mercator**, Fortaleza, v.9, n. 1, p. 71-90, 2010. ISSN 1984-2201. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/534>. Acesso em: 25 abr. 2024.

AMORIM, M. C. C. T. Estudo do conforto térmico em ambiente tropical. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, vol. 2, p. 1-11, 2011. ISSN 1011-484X. Disponível em: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2486>. Acesso em: 18 nov. 2024.

AMORIM, M. C. C. T. **Teoria e método para o estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte**. 2017. 178 f. Tese (Livre-Docência em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

AMORIM, M. C. C. T. ILHAS DE CALOR SUPERFICIAIS: FREQUÊNCIA DA INTENSIDADE E VARIABILIDADE ESPACIAL EM CIDADE DE CLIMA TROPICAL CONTINENTAL. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 34, p. 1-18, 2019. DOI: 10.12957/geouerj.2019.40959. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/40959>. Acesso em: 1 abr. 2024.

BRITO, D. C.; MILANI, P. H. **SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL E COTIDIANO: UM DEBATE COM BASE NAS PRÁTICAS ESPACIAIS**. In: XX Encontro Nacional de Geógrafas e Geógrafos, 2022. **Anais** eletrônicos, on-line.

CALIXTO, M. J. M. S. Repensando o Processo de Produção e Apropriação do Espaço Urbano: algumas (breves) reflexões sobre a Questão Habitacional. In: NETO, A. F.de O.; BATISTA, L. C. **Espaço e natureza: a produção do espaço sul-mato-grossense**. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2009. p. 219-231.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. *In*: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá, PR: Eduem, 2000. p. 17-28.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ed. Ática, 1989.

CORRÊA, R. L. **Região e organização espacial**. São Paulo: Ed. Ática, 1991.

CORRÊA, R. L. Organização do espaço: dimensões, processo, forma e significado. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 36, Número Especial, p. 7-16, 2011.

CORRÊA, R. L. Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão. *In*: CARLOS, A. F. A.; SOUZA, M. L. de; SPOSITO, M. E. B. **A produção do espaço urbano: agentes, e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2017. p. 41-50.

DELCOL, R. F. R.; MILANI, P. H. A produção do espaço urbano em Três Lagoas – MS com base na dinâmica demográfica. **GEOGRAFIA (Londrina)**, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 87-106, 2022. DOI: 10.5433/2447-1747.2022v31n2p87. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/45251>. Acesso em: 24 abr. 2024.

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) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

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: 20 nov. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos** (SNLCS. Série Miscelânea, 1). Rio de Janeiro, 1979.

FERREIRA, H. V. L. **A organização do espaço urbano e a estrutura térmica da cidade de Cuiabá-MT**. 2019. 359 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

FERREIRA, G. G. **Temperatura e uso do solo no bairro Vila Piloto e arredores, Três Lagoas (MS)**. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2015.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORREA, W. S. C. CLIMATOLOGIA URBANA: CONCEITOS, METODOLOGIAS E TÉCNICAS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 25, p. 47-85, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v0i0.65748. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14137>. Acesso em: 7 mar. 2025.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução: Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GOMES, S. T. **Clima urbano de Dourados (MS): uma análise a partir do processo de urbanização**. 2012. 158 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

GOMIDE VIEIRA, M.; MACHADO, G. GEOTECNOLOGIAS E ILHAS DE CALOR URBANAS: UMA APLICAÇÃO A UBERLÂNDIA – MG. **Geographia Opportuno Tempore**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 137-159, 2018. DOI: 10.5433/got.2018.v4.36161. Disponível em: <https://www.ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/Geographia/article/view/36161>. Acesso em: 20 ago. 2024.

GRIMM, A. M. Parte III - Variabilidade Climática: 22 Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. p. 353-374.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

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

IPCC – *Intergovernmental Panel 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: 03 mar. 2025.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009.

LIMA, D. F. **Produção e apropriação do espaço nas bordas intraurbanas no sudoeste da cidade do Recife-PE: análise da dinâmica imobiliária nos bairros de Tejipió e Sancho**. 2011. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. **Anais [...]**. São Paulo: INPE, 2011. p. 1028-1035.

LIN, T. P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R. L.; YING-CHE HUANG, Y. C. Effect of pavements albedo on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, v. 45, p. 213-221, 2010.

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

MELLO, M. A. R.; MARTINS, N.; SANT'ANNA NETO, J. L. A influência dos materiais construtivos na produção do clima urbano. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 5, p. 27-40, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v5i0.50473. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13525>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MENDONÇA, F. O CLIMA E A CIDADE. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (org.). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. 1. ed. Maringá: Eduem, 2000. p. 165-192.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILANI, P. H. **Dinâmica territorial da rede urbana na mesorregião leste de Mato Grosso do Sul**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2012.

MONTEIRO, C, A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: 1976.

MONTEIRO, C, A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **GEOSUL**, n. 9, ano V, p. 61-79, 1990.

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.

MOREIRA, J. L. **O clima urbano em Penápolis/SP: análise da temperatura e umidade intraurbana**. 2016. 207 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Estadual Paulista, 2016.

NARDOQUE, S. **Renda da terra e produção do espaço urbano em Jales – SP**. 2007. 445 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 1-39, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16163. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16163>. Acesso em: 24 jan. 2025.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: University Press, 2017.

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, Maracá e Tarumã.** 2015. 354 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.

ORTIZ PORANGABA, G. F.; BACANI, V. M.; MILANI, P. H. RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL URBANA: análise comparativa entre os dados socioeconômicos e a temperatura superficial em Três Lagoas (MS). **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 11, n. 2, p. 100-112, 2020. DOI: 10.14393/BGJ-v11n2-a2020-57154. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/57154>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ORTIZ PORANGABA, G. F.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T.; SILVA, M. H. S.; DUBREUIL, V. Modeling the urban heat island at a winter event in Três Lagoas, Brazil. **Urban Climate**, v. 37, p. 1-13, 2021. DOI: 10.1016/j.uclim.2021.100853. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095521000833#section-cited-by>. Acesso em: 06 mar. 2025.

ORTIZ PORANGABA, G. F. 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 de agosto de 2024.

ORTIZ PORANGABA, G. F.; GALVANI, E.; AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor superficiais e ondas de calor em Três Lagoas, MS: análise pela ótica do risco e da vulnerabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 35, n. 20, p. 275-296 2024. DOI: 10.55761/abclima.v35i20.18319. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/18319>. Acesso em: 16 nov. 2024.

PEREIRA, S. R. **Percursos urbanos: mobilidade espacial, acessibilidade e o direito à cidade.** 2006. 326 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

PERKINS-KIRKPATRICK, S. E.; LEWIS, S. C. Increasing trends in regional heatwaves. **Nature Communications**, v. 11, n. 3357, p. 1-8, 2020.

PONSO, A. G. **Estudo do campo térmico da cidade de Três Lagoas (MS): uma análise sazonal com episódios representativos.** 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2014.

RAMPAZZO, C. R. **Clima e produção do espaço urbano: contribuição ao estudo da Geografia do clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília.** 2015. 324 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

- 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. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
- SANT’ANNA NETO, J. L. CLIMA E ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO. **Boletim de Geografia**, v. 16, n. 1, p. 119-132, 2011.
- SANT’ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**. V. 8, p. 45-60, 2011.
- SANTOS, R. M.; CARVALHO, A. G. B. M. Análise espaço-temporal da dinâmica do espaço urbano em consequência da industrialização no município de Três Lagoas – MS – Brasil. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 16, p. 85-100, 2011.
- SILVA, C. H. R. da. **A lógica da territorialização da indústria: o parque industrial em Três Lagoas – MS de 1990-2010**. 2013. 205 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2013.
- SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G. B. Elementos geoecológicos e geourbanos de São Sepé-RS, Brasil: condicionantes para estudo do clima urbano. **Revista Geográfica de América Central**, Heredia, vol. 2, p. 1-13, 2011.
- SPÓSITO, M. E. B. **O chão arranha o céu: lógica da (re)produção monopolista da cidade**. 1991. 396 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- SPOSITO, M. E.; GÓES, E. **Espaços Fechados e Cidades: Insegurança Urbana e Fragmentação Socioespacial**. São Paulo: Editora UNESP, 2013.
- TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano de Rancharia (SP)**. 2015. 217 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.
- TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. T. O clima urbano das cidades de pequeno porte do Oeste Paulista: análise das características térmicas de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 30, n. 18, p. 753-776, 2022. DOI: 10.55761/abclima.v30i18.15396. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15396>. Acesso em: 22 nov. 2024.
- UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. 2011. 383 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2011.
- VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, n. 3, p. 370-384, 2003.

WENG, Q. A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 10, p. 1999-2014, 2001.

ZHOU, D.; XIAO, J.; BONAFONI, S.; BERGER, C.; DEILAMI, K.; ZHOU, Y.; FROLKING, S.; YAO, R.; QIAO, Z.; SOBRINO, J. A. Satellite Remote Sensing of Surface Urban Heat Islands: Progress, Challenges, and Perspectives. **Remote Sensing**, v. 11, n. 48, p. 1-36, 2019.