Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

OS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR NA BACIA DO RIBEIRÃO DO LIPA EM CUIABÁ-MT

The effects of urbanization on temperature and air humidity variation in the Ribeirão do Lipa basin in Cuiabá-MT

Los efectos de la urbanización en la variación de la temperatura y humedad del aire en la cuenca del Ribeirão do Lipa en Cuiabá-MT

Isabela Chiquito Persona
Universidade Federal de Mato Grosso
isabela_persona@hotmail.com

Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Universidade Federal de Mato Grosso
mcjanp@gmail.com

Hilma Magalhães de Oliveira
Universidade Federal de Mato Grosso
hilma.oliveira@sou.ufmt.br

Maicon Secchi
Universidade Federal de Mato Grosso
maiconsecchi@hotmail.com

Valery Kessis da Silva Pires
Universidade Federal de Mato Grosso
valery.pires@ifmt.edu.br

Luciana Sanches
Universidade Federal de Mato Grosso
luciana.sanches@ufmt.br

Carlo Ralph de Musis
Universidade de Cuiabá
carlo.demusis@gmail.com

Flávia Maria de Moura Santos
Universidade Federal de Mato Grosso
flavia.santos@ufmt.br

Resumo: Cuiabá figura entre as capitais mais quentes do Brasil devido a frequência de temperaturas extremas. A compreensão da relação entre urbanização e a formação de Ilhas de Calor Urbana (ICU) é premente e contribui para subsidiar estratégias mitigadoras do desconforto térmico. Este estudo teve como objetivo identificar os efeitos da urbanização na variação da temperatura e umidade do ar em um trecho da bacia do Ribeirão do Lipa, área caracterizada por desenvolvimento acelerado, sem planejamento, com assentamentos irregulares, e que ainda é uma área de expansão. A metodologia utilizada foi por meio de transecto móvel com medições da temperatura e umidade do ar em 03 pontos ao longo de um percurso de 7,2 km. As coletas ocorreram em noites do período seco, nos meses de julho, agosto e setembro de 2024, em 03 dias de cada referido mês. Para a análise da influência da urbanização no microclima, foram desenvolvidos mapas de porção urbana nos pontos de maior e menor registro de temperaturas. Os locais de maior densidade construtiva e cobertura do solo impermeável apresentaram temperaturas mais elevadas com máxima de 35,6°C. Os locais com menor densidade construtiva, maior cobertura vegetal, apresentaram as menores temperaturas do ar, com mínima de 32,23°C, evidenciando a influência da urbanização na variação do microclima da área de estudo.

Palavras-chave: Clima urbano. Microclima. Ilha de calor**.**

Abstract: Due to the high frequency of extreme temperatures, Cuiabá is among the hottest state capitals in Brazil. Understanding the relationship between urbanization and the formation of urban heat islands (UHI) is essential for developing strategies to mitigate thermal discomfort. This study examined the effects of urbanization on air temperature and relative humidity variations in the Ribeirão do Lipa basin, an area marked by rapid and unplanned development, irregular settlements, and continuous urban growth. The study employed a mobile transect, taking measurements of air temperature and relative humidity at three points along a 7.2-kilometer route. Data were collected during nighttime hours in July, August, and September 2024, over three consecutive nights in each month, during the dry season. To evaluate the impact of urbanization on the local microclimate, maps depicting the urban portions were generated for the locations with the highest and lowest recorded temperatures. Areas with greater building density and a greater prevalence of impervious surfaces exhibited the highest temperatures, reaching a maximum of 35.6 °C. Conversely, areas with lower construction density and greater vegetation cover recorded the lowest air temperatures, reaching a minimum of 32,23°C. These results demonstrate the significant influence of urbanization on microclimatic variation within the study area.

Keywords: Urban climate. Microclimate. Heat island.

Resumen: Cuiabá figura entre las capitales más cálidas de Brasil debido a la alta frecuencia de temperaturas extremas. Comprender la relación entre la urbanización y la formación de Islas de Calor Urbana (ICU) es fundamental para respaldar estrategias destinadas a mitigar el desconfort térmico. Este estudio tuvo como objetivo identificar los efectos de la urbanización en la variación de la temperatura y la humedad relativa del aire en un tramo de la cuenca del Ribeirão do Lipa, un área

caracterizada por un desarrollo acelerado y sin planificación, con asentamientos irregulares y en continua expansión. La metodología empleada consistió en un transecto móvil con mediciones de temperatura y humedad relativa del aire en tres puntos a lo largo de un recorrido de 7,2 km. Las mediciones se realizaron durante la noche, en la estación seca, en los meses de julio, agosto y septiembre de 2024, durante tres días consecutivos de cada mes. Para analizar la influencia de la urbanización en el microclima, se elaboraron mapas de las porciones urbanas correspondientes a los puntos de mayor y menor registro de temperatura. Las zonas con mayor densidad constructiva y predominio de superficies impermeables presentaron las temperaturas más elevadas, con un máximo de 35,6 °C. En contraste, las áreas con menor densidad edificada y mayor cobertura vegetal registraron las temperaturas más bajas, con un mínimo de 32,23°C, evidenciando la influencia significativa de la urbanización en la variación del microclima de la zona de estudio.

Palabras clave: Clima urbano. Microclima. Isla de calor.

Submetido em: 30/07/2025
Aceito para publicação em: 13/12/2025
Publicado em: 24/07/2026

1. INTRODUÇÃO

A compreensão dos impactos da urbanização sobre a qualidade ambiental do espaço urbano tem se intensificado nas últimas décadas, acompanhando o aumento contínuo da densidade demográfica nas cidades. Entre os diversos efeitos associados a esse processo, a interferência nas condições climáticas locais e globais destaca-se como um dos mais relevantes. Projeções recentes da Organização das Nações Unidas (2024) indicam que, até 2050, aproximadamente 70% da população estará concentrada em áreas urbanas, e parcela significativa desses habitantes poderá experimentar incrementos adicionais de temperatura da ordem de 0,5°C, em decorrência da combinação entre mudanças climáticas e processos de urbanização.

No Brasil, o processo de urbanização associado ao crescimento populacional tem gerado preocupações quanto à degradação da qualidade ambiental urbana, e a intensificação das anomalias térmicas decorrentes do êxodo rural, do adensamento construtivo e da ocupação crescente do solo. A busca por melhores condições de trabalho, estudo, moradia, impulsionou a expansão e a reconfiguração da morfologia urbana, alterando a organização espacial e os elementos da paisagem citadina. Em grande parte dos centros urbanos, esse processo ocorreu de forma acelerada, com planejamento insuficiente e infraestrutura incompatível com o ritmo de crescimento populacional, favorecendo a consolidação de padrões urbanos ambientalmente insustentáveis. Segundo Souza e Terra (2017), o desenvolvimento urbano nos países desenvolvidos ocorreu de maneira gradual e orientada por planejamentos de longo prazo, em contraste com o caso brasileiro, onde a urbanização se consolidou de forma rápida, fragmentada e frequentemente desordenada. De acordo com Milton Santos (1993; 2005), esse processo é marcado por profundas desigualdades socioespaciais e pela concentração de infraestrutura, serviços e investimentos em áreas seletivas das cidades, resultando em uma urbanização incompleta, heterogênea e excludente, característica recorrente de países periféricos. Soares et al. (2021) ressaltam que a ausência de um planejamento urbano eficiente resulta na formação de áreas urbanas com infraestrutura precária e oferta insuficiente de serviços públicos, o que aprofunda as desigualdades sociais e territoriais nos centros urbanos.

De forma análoga ao que ocorre em outras cidades brasileiras, o crescimento acelerado da população em Cuiabá gerou uma demanda habitacional que excedeu a

capacidade do município de fornecer infraestrutura e serviços públicos adequados. Esse descompasso resultou na degradação da qualidade dos espaços urbanos, na supressão de áreas verdes, no uso desordenado do solo e no aumento do adensamento populacional em setores desprovidos de infraestrutura básica, incluindo ocupações irregulares, como observado na bacia do Ribeirão do Lipa (DIAS et al., 2011). Entre os principais componentes da qualidade ambiental que afetam a população cuiabana, o conforto térmico se destaca, uma vez que a cidade registra temperaturas elevadas ao longo de grande parte do ano, em função de suas características climáticas e geomorfológicas. A configuração do espaço urbano em interação com variáveis climáticas como temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, radiação solar global, exerce influência no ganho térmico e, consequentemente, sobre o bem-estar da população (SOUZA et al., 2020; 2025; DE PAULA et al., 2025).

Além disso, as diferenças de temperatura entre áreas densamente urbanizadas e suas porções de entorno são particularmente evidentes em cidades com planejamento urbano deficiente. Nesses setores, a elevada inércia térmica de edificações e superfícies impermeáveis altera o balanço de energia e modifica o padrão na circulação dos ventos, resultando em mudanças significativas no microclima do local (CORBELLA e YANNAS, 2003). Esse conjunto de processos está na base do fenômeno das ilhas de calor (ICU), caracterizado pelo aumento sistemático das temperaturas em áreas urbanizadas em relação às áreas menos antropizadas (OKE et al., 2017).

No caso de Cuiabá-MT, a bacia do Ribeirão do Lipa configura-se como uma área de expansão urbana, na qual coexistem empreendimentos formalmente planejados e ocupações irregulares. Essa heterogeneidade de padrões de uso e cobertura do solo reforça a necessidade de compreender de que maneira o processo de urbanização afeta o ganho térmico local, o que fundamenta o objetivo deste trabalho: analisar os efeitos da urbanização na variação da temperatura e da umidade do ar em um trecho da bacia do Ribeirão do Lipa.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

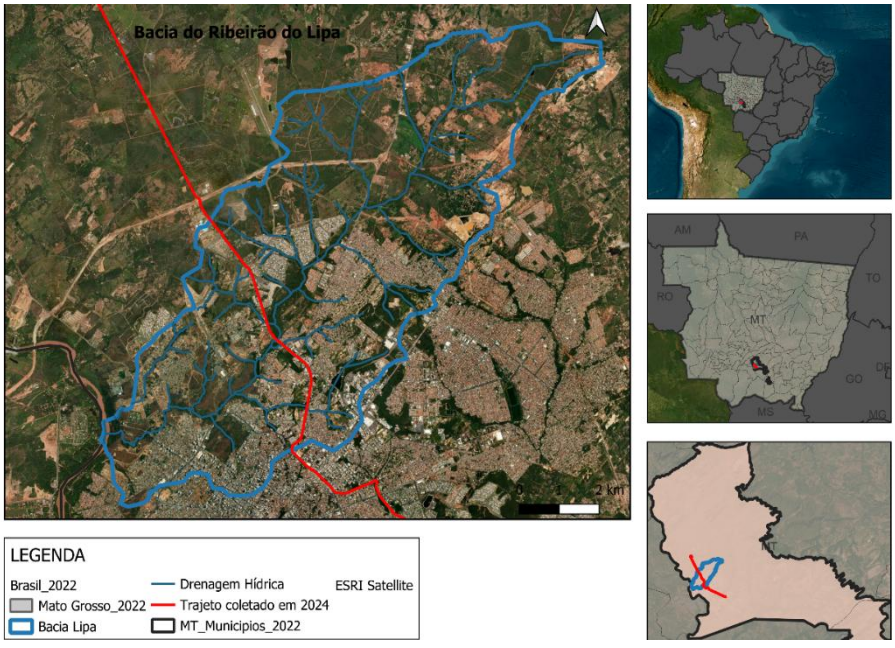
Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, situa-se na mesorregião Centro-Sul Mato-Grossense e integra à microrregião de Cuiabá, com coordenadas geográficas 15°35’45” S e de

56°05’49” O (CUIABÁ, 2019). O clima regional é classificado como AW (tropical) segundo o sistema Koppen-Geiger, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos bem definidos. A temperatura média anual é de aproximadamente 26°C, variando entre máximas de 42,3°C e mínimas de 10 °C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.300 mm (CUIABÁ, 2019; ALVARES et al., 2013).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada de Cuiabá para 2025 é de 691.875 habitantes (IBGE, 2024).

A bacia do Ribeirão do Lipa (Figura 1) ocupa uma área aproximada de 64 km², dos quais 36 km² se inserem no perímetro urbano de Cuiabá. Essa bacia abrange outros cursos d’água que drenam áreas importantes do município, como os córregos do Baú, Mãe Bonifácia e Quarta-Feira (DIAS et al., 2011). A área ainda apresenta expressiva cobertura vegetal, o que intensifica os conflitos entre a expansão urbana e a necessidade de preservação ambiental (MIRANDA, 2016).

Figura 1 - *Localização da Bacia do Ribeirão do Lipa.*



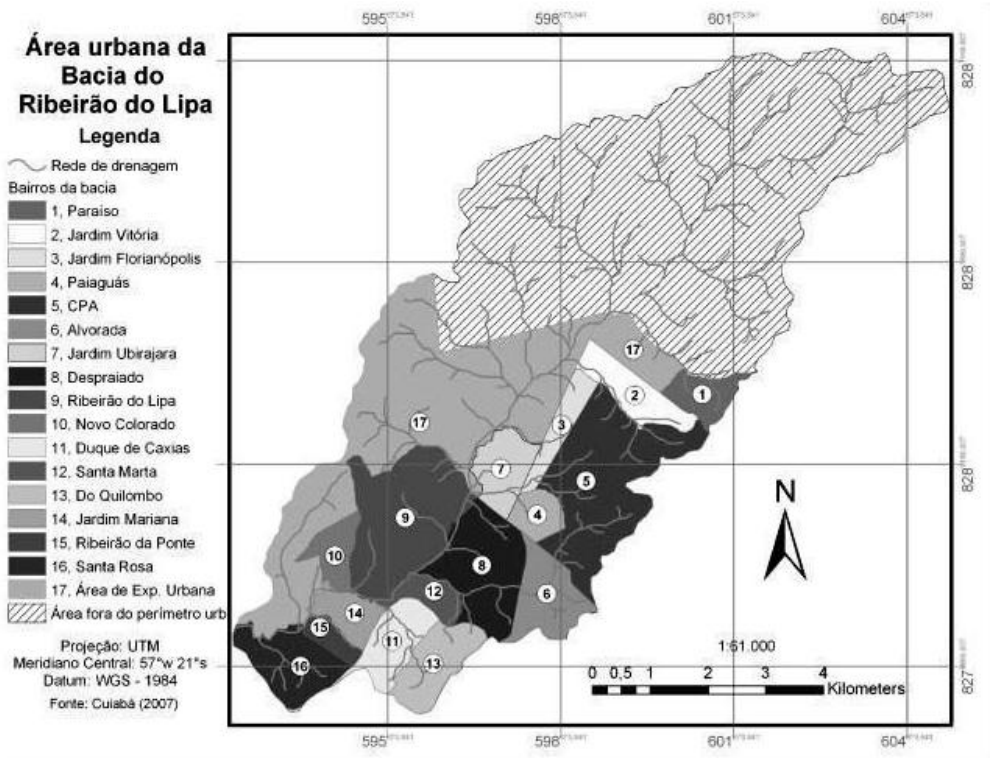
Fonte: Adaptado. Autores (2024). Dados: IBGE (2022).

2.2. Caracterização da Bacia do Ribeirão do Lipa

A bacia do Ribeirão do Lipa, inserida no perímetro urbano de Cuiabá, abrange dezesseis bairros, incluindo áreas de expansão urbana ainda não loteadas nas porções oeste e norte da bacia (Figura 2). É importante destacar que os limites da bacia não coincidem, em muitos

trechos, com os limites dos bairros, uma vez que a organização geopolítica do espaço urbano não segue as delimitações naturais das bacias hidrográficas. Nesse contexto, seis bairros possuem apenas parte de suas áreas inseridas na bacia do Ribeirão do Lipa: Santa Rosa, Do Quilombo, Duque de Caxias, Alvorada, CPA e Paraíso (DIAS et al., 2011).

Figura 2 - Bairros da Bacia do Ribeirão do Lipa (2007).



Fonte: Adaptado de Dias et al. (2011).

A análise multitemporal indica que, entre 1984 e 2017, a Bacia do Ribeirão do Lipa apresentou incremento de 5,36% na cobertura vegetal, 2,06% nas áreas de solo exposto e 7,07% na área urbanizada, enquanto a classe lâmina d'água mostrou variação discreta, com acréscimo de 0,37% no período. Observou-se ainda uma redução progressiva das áreas queimadas, que deixaram de ser identificadas na imagem de 2017, sugerindo ausência de focos ativos na data de aquisição da cena (MOREIRA e FARIA, 2019).

A bacia possui aquíferos predominantemente do tipo poroso, de permeabilidade primária, considerados os mais relevantes em função da elevada capacidade de armazenamento de água e à ampla extensão ocorrência. Adicionalmente, ocorrem aquíferos fraturados, associados a rochas ígneas e metamórficas (SANTOS JUNIOR et al., 2011).

A área apresenta dois tipos de solos principais: os Concrecionários Cambissolos, que são solos minerais bem drenados, de profundidade moderada, com mais de 50% do volume composto por concreções de ferro ao longo do perfil; e os Concrecionários Latossolos, que também são solos minerais, bem drenados e profundos, encontrados predominantemente sob vegetação de cerrado e floresta, especialmente em superfícies aplainadas de planaltos elevados (SANTOS JUNIOR et al., 2011).

2.3. Descrição da coleta de dados

Os dados foram coletados por meio de um transecto móvel, utilizando um sensor datalogger da marca HOBO-U12 para medir temperatura do ar e umidade relativa do ar (Figura 3), seguindo a metodologia proposta por Oke (1982). As medições foram realizadas mensalmente, durante três dias consecutivos, no período noturno e sob condições de céu limpo. Cada transecto teve duração de aproximadamente uma hora, com início às 20 horas e velocidade do veículo entre 30 e 40 km/h.

O trajeto, com extensão de 7,2 km, foi definido de acordo com o uso e ocupação do solo, a partir de imagens de satélite do Google Earth, empregadas para identificar áreas com predominância de vegetação, solo exposto, superfícies impermeável e construções. Ao longo desse percurso, inserido em uma região urbana em expansão, foram selecionados três pontos na bacia do Ribeirão do Lipa, com o objetivo de avaliar a influência da urbanização sobre o campo térmico no entorno imediato desses locais.

O ponto inicial do trajeto está situado nas proximidades da loja Todimo Materiais de Construção, nas coordenadas 15°35'9,30" S e 56°5'12,64" O. O ponto final corresponde à região em frente ao residencial Brasil Beach, nas coordenadas 15°31'55,30" S e 56°6'33,94" O. As campanhas de coletas foram realizadas nos meses de julho, agosto e setembro, durante o período seco característico da região Mato-grossense. Ressalta-se que o horário de coleta dos dados foi mantido fixo às 20h, em conformidade com as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Figura 3 - Sensor datalogger de Temperatura e Umidade relativa.



Fonte: Adaptado de Santos (2012).

2.4. Mapa do trajeto no interior da bacia do Ribeirão do Lipa

O mapa do trajeto utilizado para a leitura das temperaturas máximas e mínimas (Figura 4) foi elaborado no software de SIG QGIS, versão 3.34, a partir de *shapefiles* obtidos no catálogo de geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024). Os dados pontuais obtidos ao longo do transecto permitiram o mapeamento espacial da área de estudo e evidenciaram a formação de faixas com concentrações de valores térmicos similares.

A altitude da bacia do Ribeirão do Lipa foi determinada a partir das coordenadas registradas ao longo de um transecto móvel, utilizando o aplicativo Geo Tracker. As coordenadas obtidas foram posteriormente processadas na plataforma Google Earth, a fim de extrair os valores de elevação para a região de estudo.

O mapa do trajeto com a projeção da distribuição das temperaturas e umidades relativas do ar máximas e mínimas na Bacia do Ribeirão do Lipa (Figura 8) foi gerado no software de SIG QGIS, versão 3.34, utilizando o método de interpolação pelo inverso da distância (IDW) aplicado às leituras obtidas pelo transecto móvel. Nesse procedimento, cada ponto amostral contribui para os pixels vizinhos com peso inversamente à distância, resultando em um mapa contínuo da distribuição espacial das temperaturas máximas e mínimas em toda a bacia.

2.5. Análise estatística

A partir dos dados coletados pelo transecto móvel, calcularam-se as estatísticas descritivas de tendência central (média e mediana), de dispersão (Desvio Padrão) e, através da técnica dos quartis, foram estabelecidas as separatrizes que foram representadas graficamente pelo Box Plot. Com esta técnica, é possível identificar a variabilidade da temperatura e as probabilidades de ocorrência para os quartis de 25%, 50% e 75%.

Para efeitos de comparação, analisaram-se os valores de temperatura e umidade relativa do ar entre os meses estudados, com o objetivo de verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas. Inicialmente, para verificar a normalidade dos dados e haver direcionamento para quais testes aplicar, utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk.

Posteriormente, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, que é um teste estatístico não paramétrico utilizado para avaliar se existem diferenças estatisticamente significativas entre três ou mais grupos independentes, quando se deseja comparar tendências centrais. Como Kruskal-Wallis não detecta valores médios por grupos que diferem entre si, decidiu-se utilizar um teste de post hoc, o Teste de Dunn com correção de Bonferroni, que consiste em definir as magnitudes das diferenças, em média, e se são significativas com base nos dados amostrais.

Considerou-se um nível de significância de 5%, ou seja, rejeitou-se a hipótese nula, de que a temperatura e umidade do ar são similares entre os meses estudados, quando o valor-p for inferior a esse valor.

2.6. Análise da cobertura do solo

A análise da cobertura do solo foi identificada a partir dos pontos com maiores e menores temperaturas registradas. Para cada ponto, foram gerados mapas circulares com raio de 100 metros, utilizando imagens extraídas do Google Earth e processadas no QGIS 3.34. As classes consideradas foram: cobertura arbórea, asfalto, concreto, edificação, vegetação rasteira, solo exposto e corpos d'água.

As imagens utilizadas são composições RGB, não sendo possível acessar bandas espectrais individuais, pois o Google Earth fornece mosaicos prontos, não havendo a utilização de bandas especificas como variáveis de classificação. Dessa maneira, a classificação foi feita

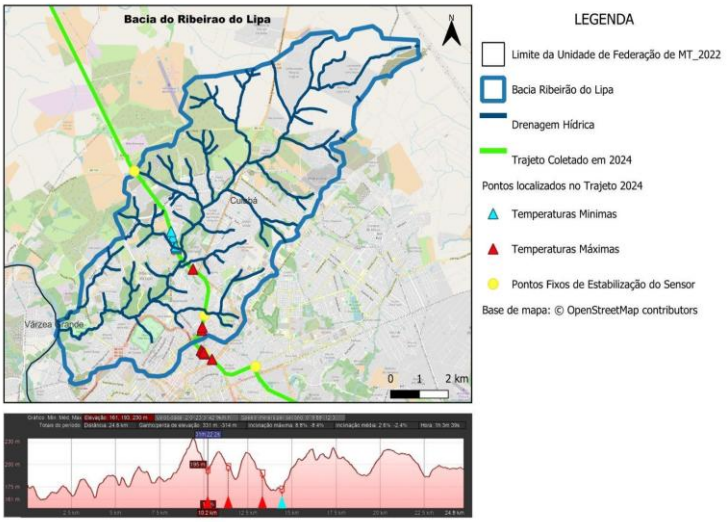
por meio de uma abordagem orientada a objetos, com a segmentação das imagens e interpretação visual baseada em critérios de cor, tonalidade, texturas, geometrias e padrões espaciais. Os segmentos foram analisados individualmente, agrupados pelas características semelhantes e confirmados em campo, resultando na imagem das classes de cobertura do solo em cada porção urbana.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Influência da urbanização na variação da temperatura e umidade relativa do ar

Com base no mapa elaborado a partir do trajeto no interior da bacia do Ribeirão do Lipa, observaram-se variações nos valores de temperaturas máximas e mínimas ao longo do percurso (Figura 4). Essas diferenças nas temperaturas do ar decorrem, principalmente, das distintas formas de coberturas do solo, que favorecem a formação de ilhas de calor urbanas. Souza et al. (2020) destacam que a cobertura do solo urbano constitui um dos principais fatores responsáveis pelo aquecimento dos centros citadinos e, consequentemente, pela intensificação das ICU. Nesse sentido, a análise integrada entre uso/cobertura do solo e parâmetros microclimáticos configura-se como instrumento fundamental para subsidiar ações de mitigação dessas anomalias térmicas.

Figura 4 - Trajeto do transecto móvel, pontos de temperatura e variação altimétrica na Bacia do Ribeirão do Lipa.



Fonte: Adaptado. Autores (2024). Dados: IBGE (2022).

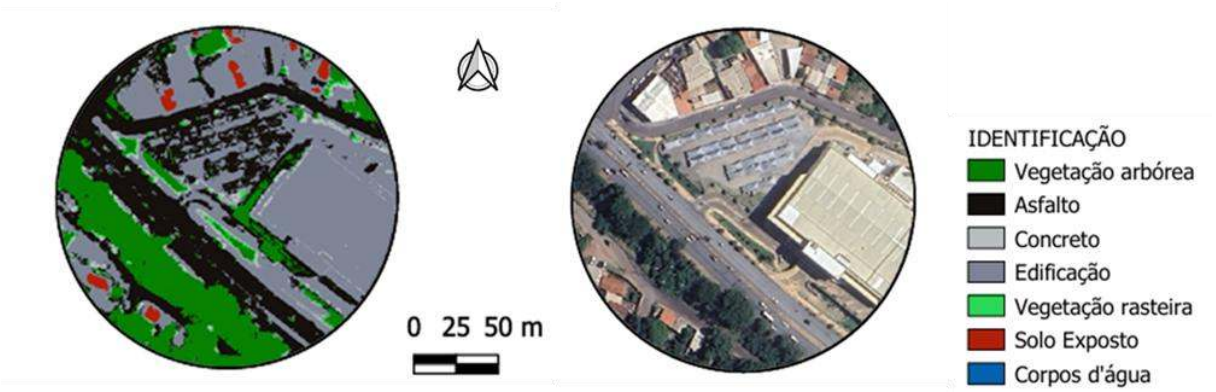
Os pontos de temperatura máxima concentram-se ao longo da parte sul do trajeto, coincidindo com áreas intensamente urbanizadas e pavimentadas (Figura 4). Esse trecho, contudo, apresentou um comportamento atípica, uma vez que as maiores temperaturas foram registradas em cotas altimétricas mais elevadas. Tal padrão pode ser explicado, segundo Cordeiro (2023), pela formação de poças de ar frio nos vales após o pôr do sol, em função de sua maior densidade do ar resfriado, além de fatores físicos e antrópicos que coincidem com a distribuição espacial do calor. Entre os fatores físicos, destacam-se os trechos com maior cobertura vegetal e presença de drenagem hídrica, que corroboram com os resultados de Santos (2013), que mencionam que áreas sob influência de massas de vegetação perdem energia mais rapidamente e tendem a apresentar microclimas diferenciados, com temperaturas mais baixas e umidade relativa elevada.

O estudo de Soria, Mengue e Scottá (2024) sobre a cidade de Cuiabá indica que a urbanização e a perda de cobertura vegetal elevaram a temperatura média da superfície em aproximadamente 13 °C nas últimas décadas. Essa intensificação térmica evidencia que trechos de maior altitude, quando mais urbanizados, podem registrar temperaturas superiores às observadas em vales com maior presença de vegetação.

Para complementar a análise, foram selecionadas três porções urbanas ao longo do trajeto: dois pontos de maior temperatura e um de menor temperatura, nas quais a influência da urbanização foi avaliada quantitativamente em função das classes de cobertura do solo.

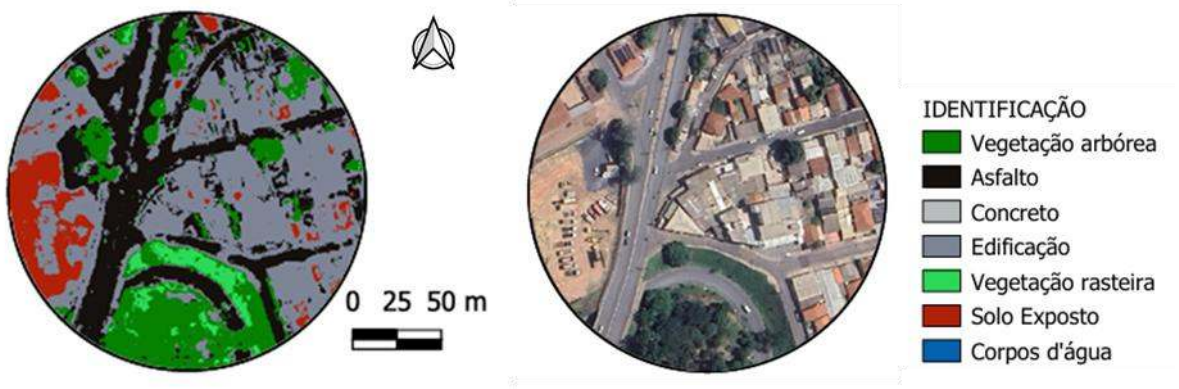
Na porção urbana 1 (ponto central: 15°36’59” S, 56°06’38” O), registrou-se temperatura máxima de 35,6 °C (Figura 5). Nessa área, 77,0 % da superfície é ocupada por coberturas impermeáveis (35,6 % de edificações, 22,4 % de concreto e 19,0 % de asfalto), enquanto as coberturas permeáveis totalizam 23,0 %, distribuídas em 17,2 % de vegetação arbórea, 3,3 % de solo exposto e 2,5 % de vegetação rasteira.

Figura 5: Porção Urbana 1. Fonte: Autores, (2024).



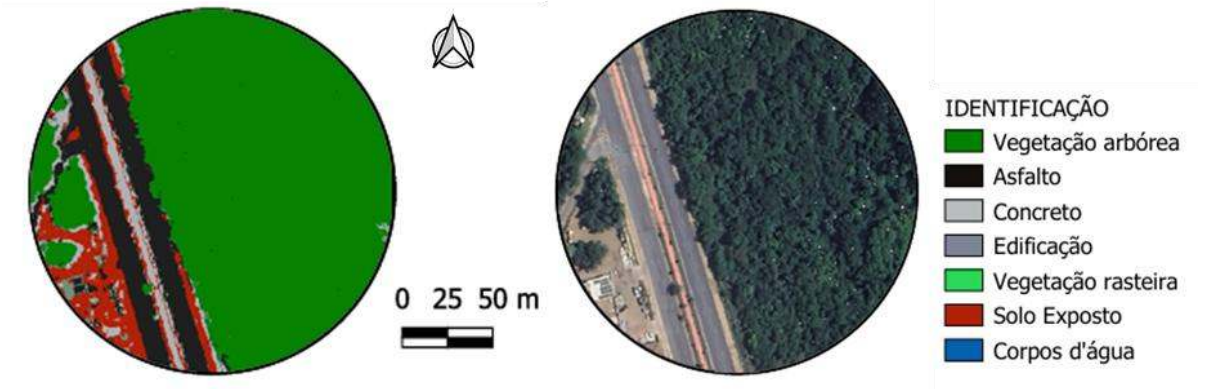
Na porção urbana 2 registrou-se o mesmo valor máximo de temperatura, 35,6 °C (Figura 6). Considerando a mesma posição ao longo do trajeto, 65,3 % da área é composta por superfícies impermeáveis, das quais 41,6 % correspondem a edificações e 23,8 % a pavimento asfáltico. As coberturas permeáveis totalizam 34,7 %, distribuídas em 14,3 % de vegetação arbórea, 16,0 % de solo exposto e 4,4 % de vegetação rasteira.

Figura 6: Porção Urbana 2. Fonte: Autores, (2024).



A porção urbana 3 apresentou a menor temperatura, 32,23 °C (Figura 7), e, simultaneamente, a menor proporção de superfície impermeável (21,4 %): composta por 14,7 % de asfalto, 5,7 % de concreto e 1,0 % de edificação. As áreas permeáveis totalizam 78,6 %, com predominância de vegetação arbórea (74,2 %), além de 4,0 % de solo exposto e 0,5 % de vegetação rasteira.

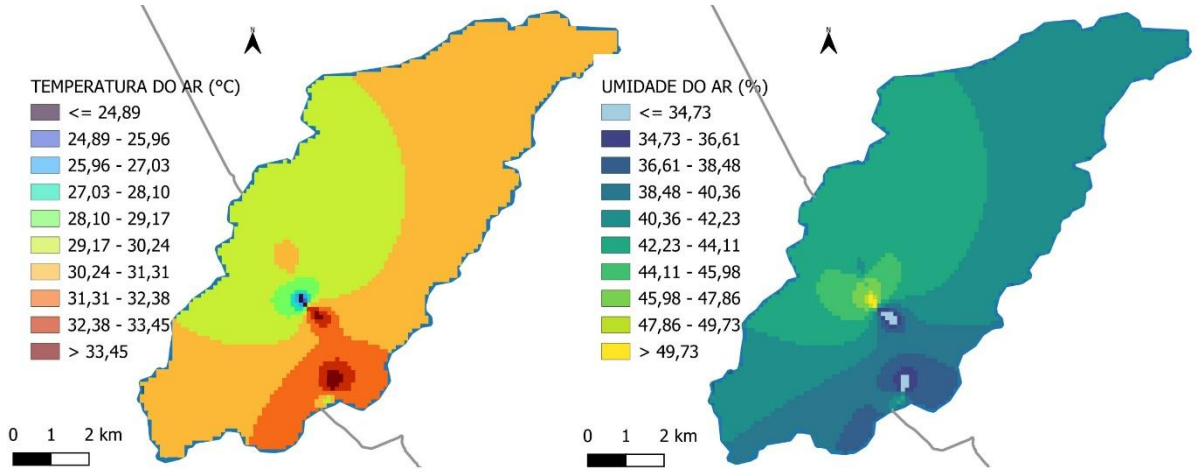
Figura 7: Porção Urbana 3. Fonte: Autores, (2024).



A comparação entre as três porções evidencia que, nas áreas com mais de 65 % de superfície impermeável (porções 1 e 2), as temperaturas atingiram 35,6 °C, caracterizando o efeito de ilha de calor associado à presença de edificações, concreto e pavimento asfáltico. Já a porção 3, amplamente dominada por vegetação arbórea, registrou 32,23 °C, demonstrando a capacidade de atenuação da temperatura proporcionada pelo sombreamento e pela evapotranspiração das árvores.

A Figura 8 apresenta três mapas da bacia do Ribeirão do Lipa, representando a distribuição noturna da temperatura do ar, umidade relativa do ar e a altitude. No mapa de temperatura (Figura 8a), observa-se um gradiente que varia valores ≤ 24,89 °C, representados em tons azul-esverdeados, até valores > 33,45 °C, em tons alaranjados e avermelhados. As temperaturas mais elevadas concentram-se na porção sul da bacia, onde predominam superfícies impermeáveis como concreto, asfalto e edificações, enquanto os menores valores ocorrem na região central-norte, associada a maior continuidade de cobertura vegetal.

Figura 8 - Distribuição espacial da Temperatura e Umidade relativa do ar na Bacia do Ribeirão do Lipa



Fonte: Adaptado. Autores (2024). Dados: IBGE (2022).

O mapa de umidade relativa do ar (UR) apresenta valores variando de < 34,73%, representado em tom azul claro, até > 49,73% em tom amarelado (Figura 8b). As áreas mais quentes e intensamente urbanizadas, localizadas na porção sul da bacia, concentram os menores valores de UR, enquanto os trechos arborizados da região centro-norte registraram as maiores umidades e temperaturas mais amenas, indicando a presença de um microclima mais fresco e úmido associado à vegetação no entorno.

Esses resultados corroboram com evidências obtidas em estudo recente realizado na região metropolitana de Cuiabá, que demonstrou que áreas com 74,4% de superfícies impermeáveis apresentaram persistência da Ilha de Calor Urbana com intensidades próximas de +2°C. Em contraste, setores com 50,6% de cobertura vegetal e 17,7% de corpos d'água registraram Ilhas de Frescor Urbanas com intensidades de até −8 °C durante o período diurno,

evidenciando o papel da vegetação e da infraestrutura azul na mitigação do aquecimento urbano (SOUZA et al., 2025).

Ressalta-se que, durante os meses de agosto e setembro de 2024, ocorreram eventos de queimadas na região de estudo, cobrindo a cidade por episódios de fumaça densa, o que contribuiu para o aumento da temperatura do ar. Em determinados momentos, foi necessário o uso de água para o combate às chamas, explicando o aumento da umidade relativa em alguns dias da campanha de medições, como em setembro, quando se registrou valor máximo de 51,04% de UR. Esses resultados são consistentes com Sanches et al. (2026), que demonstraram, para a mesma região, predominância de focos de calor durante a estação seca (84%) e identificaram a baixa umidade relativa como o principal fator climático associado à ocorrência de incêndios.

Também foram observadas variações de temperatura do ar associadas às diferenças altimétricas na bacia. De acordo com Furtado (2012), fatores adiabáticos fazem com que, em média, a cada 1000 m de aumento na altitude a temperatura diminua cerca de 6 °C. Assim, a variação altimétrica de aproximadamente 30 m na área de estudo corresponderia a uma diferença de apenas 0,2 °C. Embora reduzida, essa variação pode contribuir para a melhoria local do conforto térmico, sobretudo quando associada à presença de vegetação em áreas de vale, que tende a reduzir ainda mais a temperatura do ar. Esses resultados reforçam que fatores como uso e cobertura do solo, presença de vegetação e tipo de material de construção exercem influência mais significativa sobre o campo térmico urbano do que pequenas oscilações altimétricas.

3.2. Comparação de Temperatura e Umidade Relativa do Ar entre os meses analisados

Para a verificação da normalidade dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, aplicou-se o teste de Shapiro–Wilk, cujos valores de p estão apresentados na Tabela 1

Tabela 1: Resultados da aplicação do teste de Shapiro-Wilk

Mês	Temperatura – Valor *p*	Normalidade (Temperatura)	Umidade – Valor *p*	Normalidade (Umidade)
Julho	0,000	Não Normal	0,067	Normal

Agosto	0,015	Não Normal	0,000	Não Normal
Setembro	0,000	Não Normal	0,005	Não Normal

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para avaliar a normalidade dos dados de temperatura e umidade relativa do ar nos meses de julho, agosto e setembro. Os resultados indicaram que os dados de temperatura não aderem a distribuição normal em nenhum dos meses ($p < 0,05$), enquanto os dados de umidade apresentaram normalidade apenas em julho ($p = 0,067$), sendo não normais em agosto e setembro ($p < 0,05$). Diante da ausência de normalidade na maioria dos casos, optou-se pelo uso de testes não paramétricos nas comparações entre os meses, por serem mais adequados para dados que não atendem aos pressupostos de normalidade, assegurando maior consistência às inferências estatísticas.

Os resultados do Teste de Kruskal-Wallis para temperatura e umidade relativa do ar nos meses de julho, agosto e setembro estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da aplicação do teste de Kruskal-Wallis

Variável	Estatística X^2	Graus de Liberdade (df)	n	Valor *p*	Significância
Temperatura do ar	93,769	2	163	<0,0001	Sim
Umidade relativa do ar	29,201	2	163	<0,0001	Sim

Os resultados do Teste de Kruskal-Wallis indicaram diferenças estatisticamente significativas para ambas as variáveis analisadas, temperatura e umidade relativa do ar, com valores de $p < 0,0001$. Esses resultados demonstram que há variação significativa entre os meses avaliados, o que justifica a realização de análises pós-hoc para identificar quais pares de meses diferem entre si.

Para o Teste de Dunn com correção de Bonferroni, os resultados encontram-se apresentados na Tabela 3.

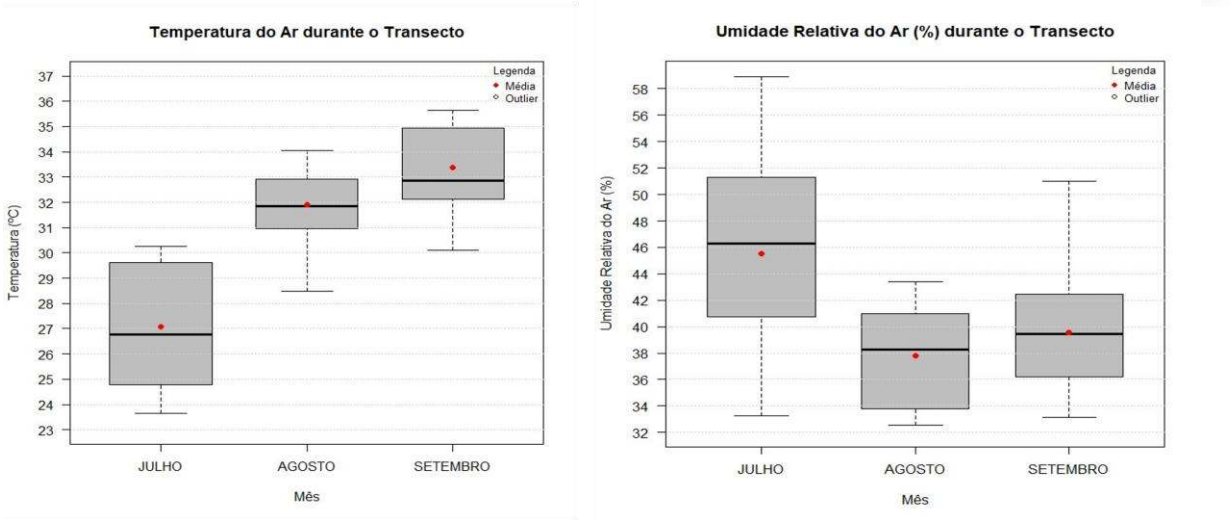
Tabela 3: Resultados da aplicação do teste de Teste de Dunn com correção de Bonferroni

Comparação	Temperatura – *p* ajustado	Significância (Temperatura)	Umidade – *p* ajustado	Significância (Umidade)
Agosto vs. Julho	<0,001	Sim	<0,001	Sim
Agosto vs. Setembro	<0,001	Sim	0,165	Não
Julho vs. Setembro	<0,001	Sim	<0,001	Sim

Os resultados do Teste de Dunn, com correção de Bonferroni, realizado após o Teste de Kruskal-Wallis, evidenciaram diferenças estatisticamente significativas nas medianas de temperatura e umidade relativa do ar entre os meses analisados. Para a temperatura, todas as comparações entre os meses (agosto vs. julho, agosto vs. setembro e julho vs. setembro) apresentaram valores *p* ajustados inferiores a 0,001, indicando diferenças significativas entre todos os pares de meses. Em relação à umidade relativa do ar, foram observadas diferenças significativas entre os meses de agosto e julho (p ajustado < 0,001) e entre julho e setembro (p ajustado < 0,001), enquanto a comparação entre agosto e setembro não apresentou diferença significativa (p ajustado = 0,165). Esses resultados sugerem que, enquanto a temperatura variou de forma significativa entre todos os meses, a umidade relativa do ar foi especialmente distinta em julho, diferindo tanto de agosto quanto de setembro, que, por sua vez, não apresentaram variação significativa entre si. Esses resultados indicam possíveis variações sazonais, refletindo mudanças ambientais no período analisado.

Na Figura 9, são apresentados os Boxplot's gerados com os dados coletados de Temperatura e Umidade relativa do ar para os meses estudados.

Figura 9: Boxplots da Temperatura e Umidade Relativa do Ar nos meses julho, agosto e setembro de 2024. Os boxplots apresentam a mediana e os percentis 10, 25, 75 e 90 representados como caixas verticais com barras de erro.



Fonte: Autores, (2024).

A análise dos boxplots de temperatura e umidade relativa do ar durante o transecto nos meses de julho, agosto e setembro revela uma variação sazonal significativa nas condições ambientais. Para a variável temperatura, observa-se que julho apresenta os menores valores, com uma mediana próxima de 27 °C e uma faixa interquartil entre 25 °C e 29 °C. Esse perfil indica que julho foi o mais frio do período analisado, com temperaturas relativamente instáveis dentro dessa faixa. Em contraste, o mês de agosto já demonstra um aumento nas temperaturas, com a mediana em torno de 32 °C e uma faixa interquartil mais estreita, sugerindo menor variabilidade. Este comportamento indica uma transição para um período mais quente e consistente. Em setembro, a tendência de elevação das temperaturas se consolida, com a mediana próxima de 34 °C e a faixa interquartil entre 33 °C e 35 °C, posicionando setembro como o mês mais quente entre os três avaliados.

Em relação à umidade relativa do ar, o comportamento é inverso ao observado na temperatura. Julho, que registrou as menores temperaturas, apresenta a maior variabilidade e valores de umidade mais elevados, com uma mediana em torno de 46% e uma faixa que se estende de aproximadamente 33% a 58%. Essa ampla faixa de variação pode estar associada a condições climáticas mais instáveis ou à presença de fatores sazonais que elevam a umidade durante esse período, como maior incidência de precipitação ou fluxos de ar mais úmidos. Em agosto, nota-se uma redução acentuada na umidade relativa, com a mediana em torno de 38% e uma faixa interquartil mais compacta, indicando um período mais seco e menos variável em comparação com julho. Esse padrão de baixa umidade relativa se mantém em setembro, com uma mediana próxima de 39%. Embora ocorra uma ligeira recuperação em relação a

agosto, a umidade relativa do ar ainda se mantém significativamente abaixo dos níveis observados em julho, com uma variabilidade reduzida.

Os resultados obtidos indicam uma relação inversa entre temperatura e umidade relativa do ar durante o período analisado: de julho a setembro, o aumento gradual da temperatura foi acompanhado por reduções nos valores de umidade relativa. Essa tendência é coerente com a dinâmica sazonal típica de regiões que apresentam transição entre períodos mais úmidos e fases progressivamente mais secas. Assim, a combinação de temperaturas mais elevadas e menor umidade observada em agosto e setembro sugere o avanço para uma condição atmosférica mais seca, enquanto os valores registrados em julho, caracterizados por temperaturas inferiores e maior umidade, refletem um estágio climático mais ameno. Ressalta-se que tais interpretações derivam exclusivamente dos dados coletados neste estudo, não havendo validação externa com séries históricas de estações meteorológicas oficiais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou a influência da urbanização sobre o microclima da bacia do Ribeirão do Lipa, em Cuiabá-MT. As áreas densamente urbanizadas, compostas predominantemente por superfícies impermeáveis (como edificações, concreto e asfalto), apresentaram temperaturas máximas de até 35,6°C. Em contraste, as áreas com maior cobertura vegetal, especialmente aquelas próximas a cursos d'água, registraram temperaturas significativamente mais baixas, chegando a 32,23°C, evidenciando o amortecimento térmico de aproximadamente 3,37°C (ilhas de frescor). Esses dados confirmam a forte correlação entre o tipo de cobertura do solo e a formação de Ilhas de Calor Urbanas (ICU), fenômeno amplamente intensificado em regiões urbanizadas.

A análise estatística confirmou variações significativas entre os meses avaliados: a temperatura aumentou progressivamente de julho a setembro, enquanto a umidade relativa do ar diminuiu no mesmo período, refletindo tanto a sazonalidade quanto os efeitos da urbanização.

As classes de cobertura do solo mostraram que a vegetação arbórea exerce forte efeito atenuador no microclima, ao passo que áreas impermeáveis, que alcançam até 77% da superfície em alguns pontos, intensificam o aquecimento e reduzem a qualidade ambiental urbana.

Os resultados reforçam a urgência de estratégias de planejamento urbano voltadas à mitigação dos efeitos das ICU. A manutenção e ampliação de áreas verdes, a adoção de soluções baseadas na natureza (como telhados verdes e corredores ecológicos) e a integração de práticas sustentáveis de urbanização podem contribuir significativamente para melhorar o conforto térmico e a qualidade de vida da população.

Este trabalho destaca a importância de políticas públicas que equilibrem desenvolvimento urbano e preservação ambiental, promovendo um crescimento sustentável para Cuiabá. Estudos futuros devem incluir análises multitemporais e incorporar novas tecnologias, como imagens de satélite e simulações computacionais, para aprofundar a compreensão das dinâmicas microclimáticas e avaliar o impacto de intervenções urbanísticas.

Nesse contexto, a bacia do Ribeirão do Lipa emerge como uma área de expansão urbana que abrange tanto empreendimentos planejados quanto ocupações irregulares. Essa configuração justifica a importância de compreender a relação entre o processo de urbanização e o ganho térmico na região. Para análise de tal região, buscou-se avaliar a influência da urbanização no microclima da bacia, avaliando a ocupação do solo nos pontos de máximas e mínimas temperaturas encontradas. Ainda, com análise estatística, buscou-se analisar o comportamento das temperaturas e umidade relativa do ar entre julho, agosto e setembro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PGFA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio institucional e financeiro.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift** , v. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORDEIRO, Antônio M. Rochette; ORNELAS, Alexandre; SILVA, Djime Dourado. The importance of topography in the formation of cold-air pooling in urban spaces. The example of the city of Coimbra (Portugal) AM Rochette Cordeiro et al. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 152, n. 1, p. 227-239, 2023. DOI: https://doi-org.ez52.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00704-023-04401-8

CUIABÁ. Plano Municipal de Saneamento Básico: revisão 2017/2018 - abastecimento de água e esgotamento sanitário. Cuiabá: Prefeitura Municipal de Cuiabá, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano – SMADES, Fundação Getúlio Vargas, 2019. Disponível em: https://niesa.ufmt.br/wp-content/uploads/2023/10/Cuiaba_PMSB.pdf. Acesso em: 05 out. 2024.

DE PAULA, Diana Carolina Jesus et al. The effects of urban morphology in a city with a tropical continental climate in the context of heat islands. **Urban Climate**, v. 61, p. 102381, 2025. DOI: 10.1016/j.uclim.2025.102381

DIAS, Felipe de Almeida; GOMES, Luiz Airton; ALKMIM, Jacqueline Kayser de. Assessment of urban environmental quality in the basin of the Ribeirão Lipa through indicators, Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, v. 23, p. 127-147, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000100011

FURTADO, Mario Tosi. Modelo adiabático da atmosfera terrestre compatível com o aquecimento global e o efeito estufa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 3310, 2012. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e Estado do Brasil.** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/cuiaba/panorama. Acesso em: 29 out. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Geociências**. 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geocie ncias/downloads-geociencias.html. Acesso em: 04 nov. 2024.

MIRANDA, Nivea Morena Gonçalves. Análise espacial da suscetibilidade à inundação da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lipa, Cuiabá – MT. Florianópolis, SC, 2016. 62 p.

MOREIRA, Jéssica de Souza; DE OLIVEIRA FARIA, Thiago. Evolução Multitemporal do Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Ribeirão do Lipa, Cuiabá-MT. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, p. 163-171, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_163_171

OKE, Timothy R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly journal of the royal meteorological society**, v. 108, n. 455, p. 1-24, 1982.

OKE, Timothy R. et al. **Urban climates**. Cambridge university press, 2017.

ONU – Organização das nações Unidas, 2024. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/252625-%C3%A9-o-momento-das-cidades-n%C3%A3o-h%C3%A1-sa%C3%ADda-sem-investimento-em-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel#:~:text=Atualmente%2C%20mais%20da%20metade%20da,esgoto%20e%20elimina%C3%A7%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos. Acesso em: 03 out. 2024.

SANCHES, Luciana et al. Hot spots and their climatic, environmental, and social determinants in the Cuiabá River Headwaters Environmental Protection Area, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 61, p. e2579-e2579, 2026. DOI: https://doi.org/10.5327/z2176-94782579

SANTOS, Flávia Maria De Moura. Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências. **Revista Monografias Ambientais**, v. 12, n. 12, 2013. DOI: https://doi.org/10.5902/223613089160

SANTOS JUNIOR, Elias Lira Dos et al. **Caracterização Física Da Sub Bacia Do Ribeirão Do Lipa.** 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. Disponível em: <www.abes-dn.org.br>. Acesso em: 18 nov. 2024.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. 5. ed. São Paulo: Hucitec, 2005.

SANTOS, Milton. **A urbanização desigual**. Petrópolis: Vozes, 1993.

SOARES, Paulo Roberto Rodrigues et al. **A orla do Guaíba, território em transformação: a conformação de um novo regime urbano em Porto Alegre.** 2021. Disponível em: https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/wp-content/uploads/2021/02/4.5.-A-Orla-do-Guaiba-territorio-em-transformacao-a-conformacao-de-um-novo-regime-urbano-em-Porto-Alegre.pdf. Acesso em: 04 out. 2024

SORIA, Lucyla Silva; MENGUE, Vagner Paz; SCOTTÁ, Fernando Comerlato. Análise Geográfica da Distribuição de Temperatura da Superfície, Cobertura Vegetal e sua Relação com Indicadores Socioeconômicos-Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, v. 36, p. e71486, 2024. DOI: https://doi.org/10.14393/SN-v36-2024-71486

SOUZA, Joseane de; TERRA, Denise Cunha Tavares. Rio de Janeiro: rumo a uma nova região metropolitana?. **Cadernos Metrópole**, v. 19, p. 817-840, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/2236-9996.2017-4006

SOUZA, Natallia Sanches et al. Urban heat and cool island dynamics in a rapidly growing tropical city: land-use implications for the built environment of Cuiabá, Brazil. **Journal of**

Housing and the Built Environment, p. 1-26, 2025. https://doi.org/10.1007/s10901-025-10265-3

SOUZA, Roberta Daniela et al. Urban microclimate and comfort indices in vegetated and non-vegetated areas in wet and dry periods. **Ra'e Ga**, v. 47, n. 1, p. 136-149, 2020. DOI: 10.5380/raega.