

ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM DUAS REGIÕES RESIDENCIAIS DE ALFENAS-MG

Analysis of Land Surface Temperature in Two Residential Areas of Alfenas, Minas Gerais, Brazil.

João Gabriel Cezário Silva

Graduando em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Alfenas, Brasil

joagabriel.silva@sou.unifal-mg.edu.br

André Luis da Silva Bellini

Mestrando em Geografia da Universidade Federal de Alfenas, Brasil

andre.bellini@sou.unifal-mg.edu.br

Pablo César Serafim

Doutorando em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Alfenas, Brasil

pablo.serafim@sou.unifal-mg.edu.br

Douglas de Paula Flora

Mestrando em Geografia da Universidade Federal de Alfenas, Brasil

douglas.flora@sou.unifal-mg.edu.br

Rodrigo José Pisani

Docente do Instituto de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas, Brasil

rodrigo.pisani@unifal-mg.edu.br

Recebido: 01/02/2026

Aceito: 15/04/2026

Resumo

A urbanização gera problemas na temperatura da superfície em bairros de baixa renda, que podem ser analisados por meio de sensoriamento remoto termal. O objetivo do trabalho foi estimar a partir de imagens do satélite Landsat 8 sensor TIRS a temperatura de superfície de 2 regiões residenciais de Alfenas-MG. Foram realizados os seguintes procedimentos: coleta de imagens dos períodos mais quentes de 2024, por meio do sensor TIRS do satélite Landsat 9, na plataforma Google Earth Engine; idas a campo para verificação in loco da realidade local; utilização do programa QGIS, versão 3.40, para a elaboração dos mapas. Os principais resultados alcançados indicam que os bairros Jardim América e Vila Formosa, de baixa renda, apresentaram altas temperaturas de superfície, com média de 31 graus, devido aos telhados de fibrocimento, à aglomeração de construções e à falta de arborização. Por outro lado, os bairros Jardim Aeroporto e Jardim da Colina apresentaram as menores temperaturas, entre 29 e 30 graus, devido principalmente às coberturas de telhado de cerâmica e à maior presença de espécies arbóreas. Assim, conclui-se que as geotecnologias podem servir como valiosa ferramenta para o planejamento urbano e a formulação de políticas públicas.

Palavras-chave: Conforto térmico; Impactos ambientais; Sensoriamento remoto termal.

Abstract

Urbanisation affects surface temperatures in low-income neighbourhoods, which can be analysed using thermal remote sensing. The objective of this study was to estimate the surface temperature of two residential areas in Alfenas, Minas Gerais, using images from the Landsat 8 satellite's TIRS sensor. The following procedures were carried out: collection of images from the hottest periods in 2024 using the TIRS sensor on the Landsat 9 satellite via the Google Earth Engine platform; field visits for on-site verification of local conditions; and use of QGIS version 3.40 to create the maps. The main results indicate that the low-income neighbourhoods of Jardim América and Vila Formosa exhibited high surface temperatures, averaging 31 degrees due to fibre-cement roofs, dense building clusters, and a lack of tree cover. On the other hand, the Jardim Aeroporto and Jardim da Colina neighbourhoods exhibited the lowest temperatures, ranging from 29 to 30 degrees, primarily due to ceramic roof coverings and a greater presence of tree species. Thus, it is concluded that geotechnologies can serve as a valuable tool for urban planning and the formulation of public policies.

Keywords: Thermal comfort; Environmental impacts; Thermal remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

Muito se discute, atualmente, a respeito do aumento progressivo da temperatura da superfície terrestre. Apesar de causas naturais como erupções vulcânicas e o efeito estufa, responsável por reter radiação solar e manter o planeta aquecido, as ações antrópicas contribuem negativamente ao intensificarem o aquecimento global (Arora, 2020). Desde o início da industrialização, no século XVIII, as temperaturas aumentaram significativamente devido ao acúmulo de gases do efeito estufa na atmosfera devido à queima de combustíveis fósseis, seja pela industrialização, transporte ou até mesmo atividades domésticas (Petrov *et al.*, 2023). Além disso, tais atividades exercidas pelo homem, são responsáveis pelo aumento do nível dos mares e eventos climáticos extremos como inundações, tempestades, nevascas e incêndios florestais em grandes proporções (Berlie, 2018). Dessa forma, as geotecnologias transformaram-se em ferramentas valiosas para a predição dos danos acarretados pelas mudanças climáticas.

As geotecnologias como o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) tornaram-se cada vez mais utilizadas para o monitoramento da superfície terrestre. Por meio de imagens geradas através dos diferentes satélites em órbita, estas tecnologias possibilitam a elaboração de mapas que serão utilizados para a avaliação de fenômenos físicos e seus possíveis impactos ambientais e socioeconômicos (Carvalho *et al.*, 2021; Florenzano, 2012). Dentre os satélites utilizados para a obtenção de dados, destaca-se o "Landsat-8", lançado em fevereiro de 2013 pela NASA, operando com dois instrumentos imageadores, com resolução espacial de 30 metros, sendo o primeiro o

Operational Land Imager (OLI), que compreende nove bandas espectrais, e o *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* responsável por duas bandas termais (Coelho; Correa, 2013). Sendo assim, através das bandas termais é possível obter dados da temperatura da superfície terrestre, gerando mapas de calor, os quais levam em consideração a temperatura do ar nas camadas inferiores da atmosfera urbana, auxiliando na determinação de microclimas e ilhas de calor entre as edificações, os quais impactam diretamente no chamado conforto térmico (Voogt; Oke, 2003).

A intensificação do processo de urbanização e das atividades a ele relacionadas, associada à alta liberação de gases do efeito estufa, evidencia a criação de microclimas no perímetro urbano (Ferreira, 2014). Tal fenômeno ocorre em virtude da modificação de elementos da paisagem, como o baixo índice de vegetação e a impermeabilização do solo, bem como das diferentes composições dos materiais utilizados na construção civil e da rugosidade, ligada à permeabilidade dos ventos em relação às edificações. Esses processos são responsáveis por danos às condições ambientais e pela redução da qualidade de vida das comunidades (Pinheiro; Souza, 2017; Sad De Assis, 2015). Como consequência, as alterações microclimáticas resultam nas chamadas ilhas de calor, áreas em que há maior concentração de temperatura caso comparadas à ambientes rurais ou mais arborizados, o que pode impactar a saúde da população, favorecendo o surgimento de doenças cardiovasculares e respiratórias (Fernandes; Masiero, 2020).

No contexto urbano, em meio às várias disparidades sociais e problemáticas ambientais, é possível verificar uma discrepância entre grupos de diferentes camadas da sociedade quanto sua exposição aos impactos ocasionados pelo aquecimento global. Deste modo, o termo racismo ambiental é cunhado para designar os riscos ambientais, que em contraposição ao senso comum, não são compartilhados de maneira igualitária pela população, já que a estrutura social e econômica é um fator limitante ao acesso à recursos e infraestrutura adequadas, deixando populações marginalizadas à mercê das mudanças climáticas e seus impactos (Barbosa; Preve; Teixeira, 2024).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo ressaltar a diferença da temperatura da superfície terrestre, a partir da obtenção de imagens termais do satélite Landsat-8, entre bairros com diferentes perfis socioeconômicos no município de Alfenas-MG, demonstrando suas vulnerabilidades frente às mudanças climáticas.

2. METODOLOGIA

De acordo com o IBGE, (2022) Alfenas (Figura 1) é um município com área territorial de 850,446 km², com uma população de 78.970 habitantes, está localizado na mesorregião sul e sudoeste de Minas Gerais, está inserido nos biomas Mata Atlântica e Cerrado e é banhado pelas águas do lago de Furnas.

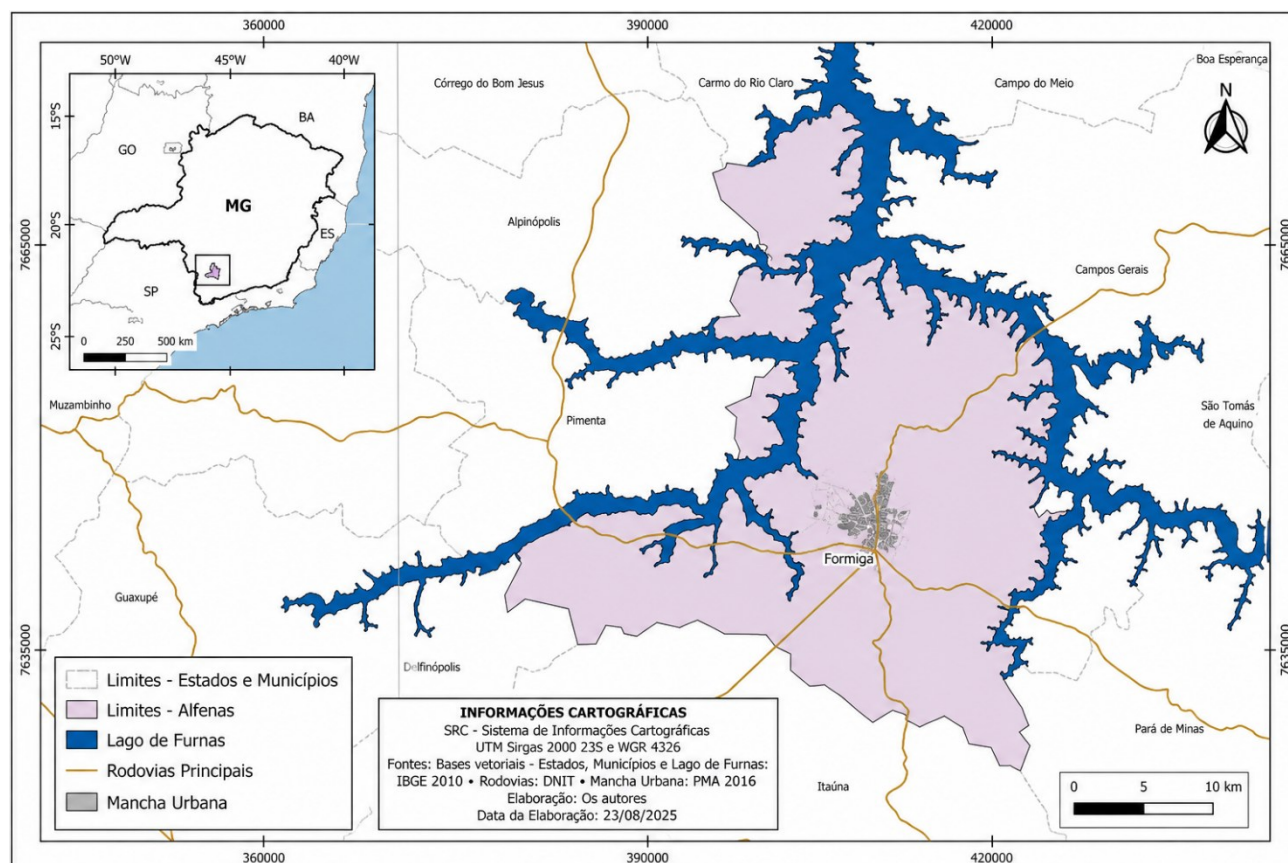


Figura 1 - Localização do município de Alfenas-MG.

Fonte: Autores, 2025.

A análise foi conduzida por meio da plataforma Google Earth Engine - GEE (Gorelick, *et al.*, 2017), utilizando imagens orbitais do satélite Landsat 8, sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor), disponíveis no repositório da USGS. A área de estudo foi delimitada na própria interface do GEE, localizada no município de Alfenas-MG e corresponde ao imageamento em órbita 219, ponto 72.

O período de análise compreendeu os meses de agosto a dezembro de 2024, definidos como a época de maior estresse térmico na região após uma avaliação preliminar de todo o ano. Foram utilizados dados do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) do satélite Landsat 8. Devido à órbita heliosíncrona do satélite, a captura das imagens ocorre aproximadamente às 10:00, horário local. Assim, os dados representam a Temperatura da

Superfície Terrestre (LST) durante este fotoperíodo, um parâmetro distinto e geralmente mais elevado que a temperatura do ar sob radiação solar direta (Weng, 2010).

As análises de temperatura de superfície compreenderam dois recortes espaciais: região 1 - Jardim América e Vila Formosa: hipótese de maior temperatura de superfície por apresentarem pouca arborização, densidade de construções e telhados de fibrocimento. São áreas de perfil socioeconômico mais baixos; região 2 - Jardim Aeroporto e Jardim da Colina: apresentam bastante arborização, baixa densidade e grande espaçamento entre os lotes e edificações e telhados de cerâmica. São áreas de alto poder aquisitivo do ponto de vista socioeconômico.

Para garantir a qualidade dos dados, foi aplicada uma função de máscara de nuvens e saturação radiométrica. A máscara foi construída a partir da banda QA_PIXEL, removendo pixels classificados como *Fill* e *Cloud*. Adicionalmente, pixels saturados foram excluídos com base na banda QA_RADSAT. As bandas ópticas foram corrigidas com o fator de escala recomendado pela USGS, e a banda térmica (ST_B10) foi convertida para temperatura de brilho em Kelvin, posteriormente transformada para graus Celsius.

Posteriormente, a coleção de imagens foi filtrada por área, data e cobertura de nuvens inferior a 30%. Após o pré-processamento, foi calculada a temperatura média de superfície para o período, com resolução espacial reamostrada para 30 metros por pixel. A média mensal da temperatura foi obtida por meio da função *mean* aplicada à banda térmica corrigida. Para além, foi utilizado da função *ui.Chart.image.series* para gerar o gráfico temporal a partir da média dos pixels da coleção de imagem utilizada, o qual foi calculado pela função *ee.Reducer.mean*.

Em ambiente SIG, foi utilizado o QGIS 3.40 para realizar o processamento da imagem de temperatura média da superfície terrestre, correspondente ao período de agosto a dezembro de 2024. A imagem foi segmentada por meio de operações de recorte espacial, gerando uma camada individual para cada bairro da área urbana analisada.

Os vetores dos bairros foram obtidos a partir do mapeamento colaborativo do OpenStreetMap. Após o recorte das imagens térmicas para os quatro bairros identificados, foram aplicadas análise a de estatísticas zonais nativa do QGIS, permitindo a extração dos parâmetros de temperatura mínima, máxima e média de cada bairro. O fluxograma da Figura 2 ilustra os procedimentos metodológicos em questão.

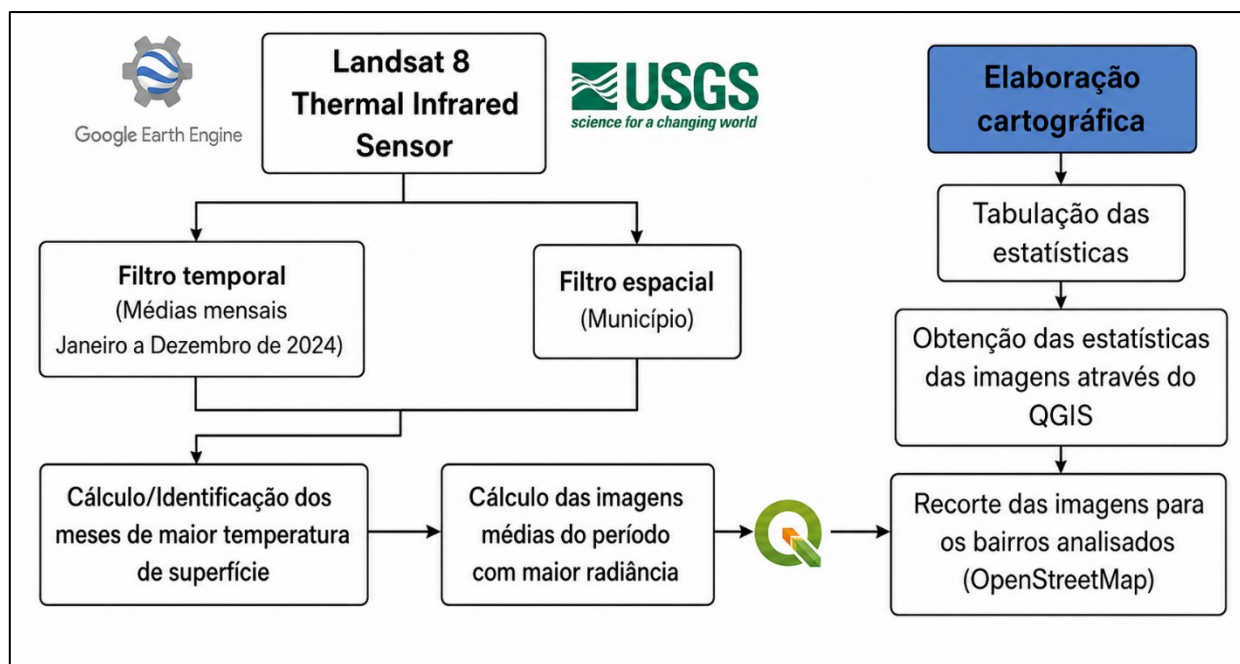


Figura 2 - Fluxograma metodológico da pesquisa.

Fonte: Autores, 2025.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de imagens aéreas obtidas por drone foi possível verificar uma diferença significativa entre os bairros com perfis socioeconômicos distintos. Como mencionado anteriormente, os bairros com maior poder aquisitivo possuem menor adensamento, ou seja, os terrenos construídos permitem um maior espaçamento entre as casas vizinhas que contribui para maior dissipação de calor. Além disso, a presença de arborização também é um fator que contribui para menores temperaturas. Com o cálculo das estatísticas zonais das imagens, foi possível verificar uma maior temperatura média nos bairros de características supracitadas (Figura 3), privilegiando a tendência geral de decréscimo da temperatura em bairros de maior poder aquisitivo e infraestrutura de menor adensamento e de maior cobertura arbórea.

Ao observar as imagens panorâmicas, obtidas a partir da saída de campo, do bairro Jardim aeroporto (Figuras 4 A e B), as imagens permitiram a constatação do perfil socioeconômico do bairro, além disso, é possível identificar um menor adensamento imobiliário, pelo maior tamanho das casas, também destaca-se a utilização materiais de cerâmica, identificados pela coloração terrosa, nos telhados das casas a presença de áreas verdes. Ademais, a presença de piscinas em algumas casas e o tamanho do lote construído são fatores que demonstram um maior poder aquisitivo de seus moradores.

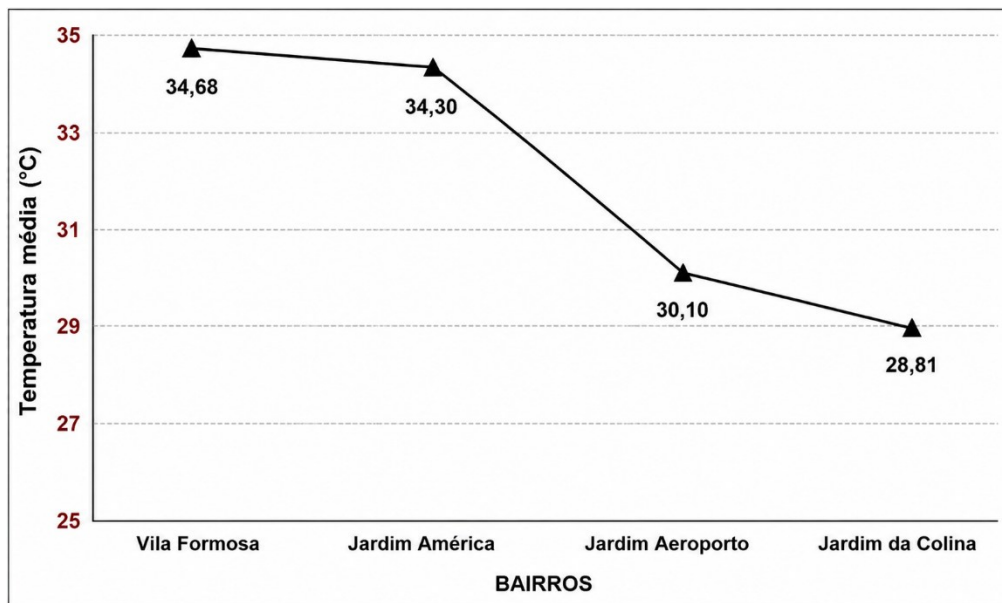


Figura 3 - Gráfico de variação de temperatura média entre bairros.

Fonte: Autores, 2025.



Figura 4 - Bairro Jardim Aeroporto.

Fonte: Autores, 2025.

Dessa forma, todos os fatores mencionados implicam em uma menor sensação térmica. Observando o recorte do bairro Jardim Aeroporto (Figura 5) verificou-se que as temperaturas obtidas no período da aquisição das imagens tinham como mínima 25,88°C e máxima de 35,37°C, com temperatura média de 30,1°C. Os pontos com menores temperaturas são aqueles próximos às áreas verdes (Figura 4 A), enquanto os de maior temperatura à terrenos com solo exposto, isso por receber maior radiação solar direta.

Para o bairro Jardim da Colina a situação se mantém (Figura 6 C, D, E e F). Por se tratar de um condomínio fechado e de alto padrão é notável o planejamento tanto do bairro, por conter uma maior arborização, e das casas que também possuem na sua maioria piscinas e telhados de cerâmica, comumente conhecidos como telhas, que favorecem a não retenção de calor.

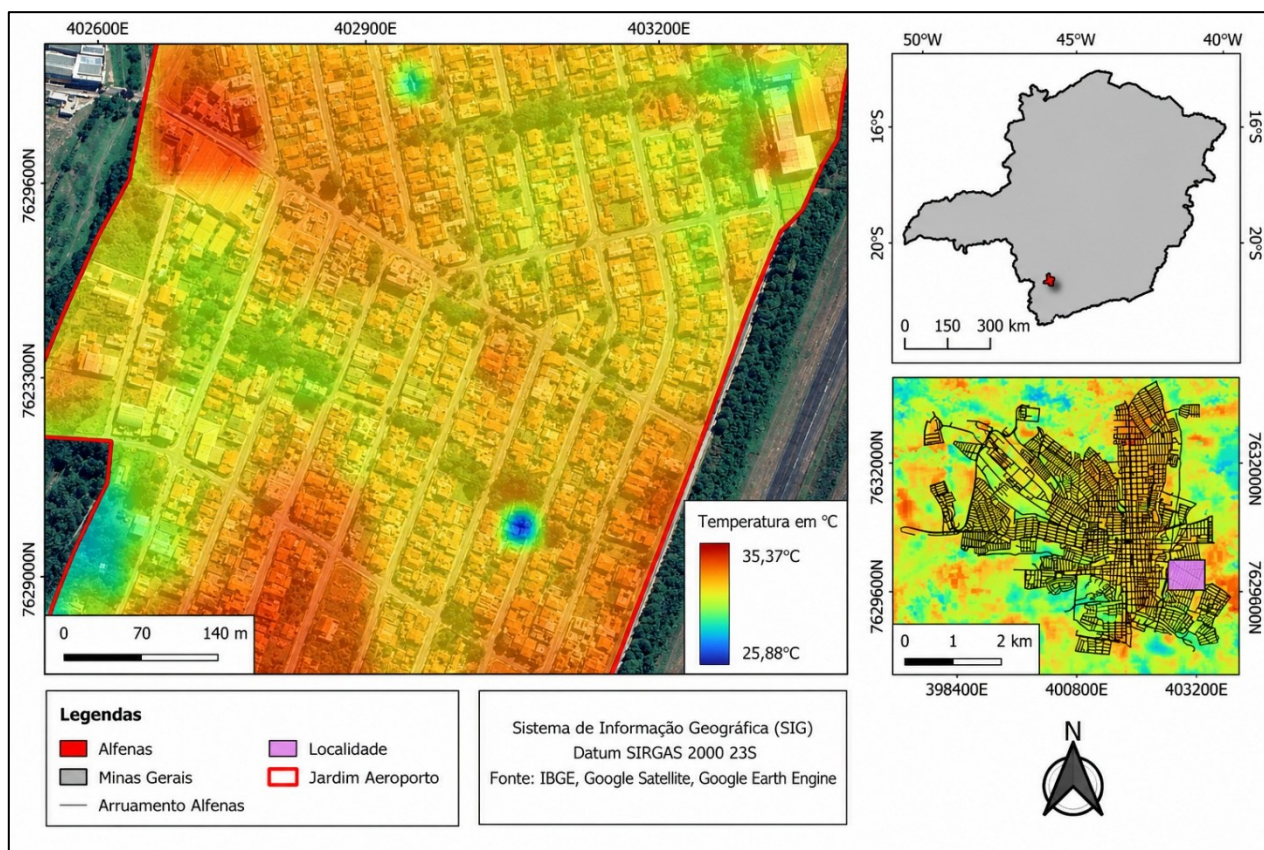


Figura 5 - Recorte do Bairro Jardim Aeroporto com a temperatura de Superfície Terrestre.

Fonte: Autores, 2025.

Mais uma vez, a presença da arborização dada pelo planejamento urbano é um fator crucial para a obtenção das menores temperaturas. Tendo o Jardim da Colina como base (Figura 7), é notável que quanto maior for a presença da vegetação menor são as temperaturas obtidas, que para esse caso a temperatura mínima obtida foi de 25,91°C e máxima de 32,83°C, com média 28,8°C.

Pelo mapa de temperatura de superfície no bairro (Figura 7), em sua parte posterior é possível observar a presença de uma mata nativa que favorece uma menor sensação térmica das casas que são construídas mais próximas a ela.

Por outro lado, a situação se difere ao observar os bairros mais carentes. Ao se analisar as imagens panorâmicas tanto do Jardim América e Vila Formosa, ficou evidente a disparidade socioeconômica entre os dois mais ricos e os dois mais pobres. Como

exemplo, tem-se a Vila Formosa (Figura 8 G, H, I e J), em que é notável um maior adensamento de habitações. A partir das imagens de drone e visita de campo foi possível identificar que parte das casas possuíam telhados de fibrocimento que podem conter amianto como componente, o qual possui uma baixa condutividade térmica, que resulta na maior retenção de calor e sua eventual liberação gradual, aumentando a temperatura dos ambientes.

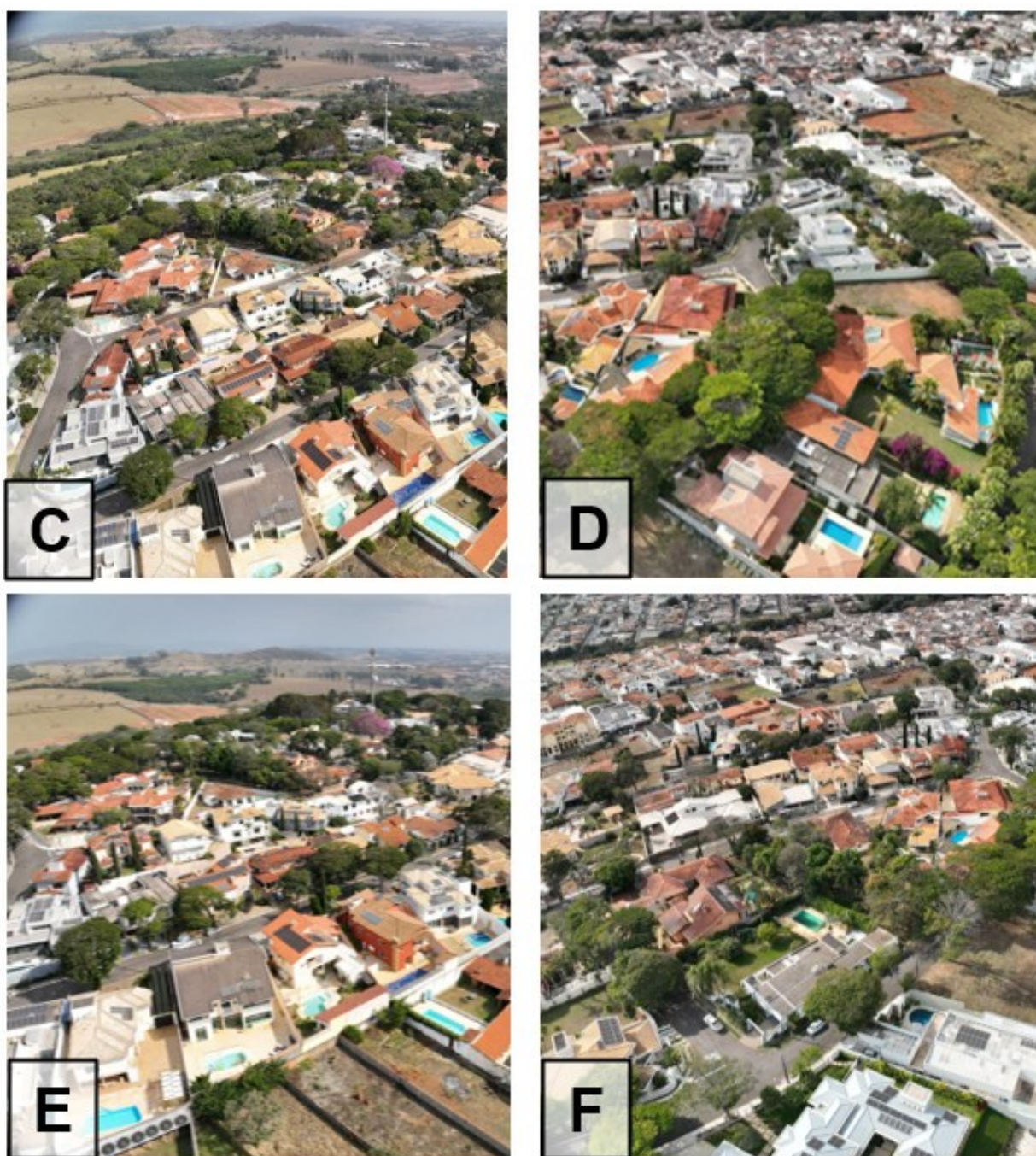


Figura 6 - Bairro Jardim da Colina.
Fonte: Autores, 2025.

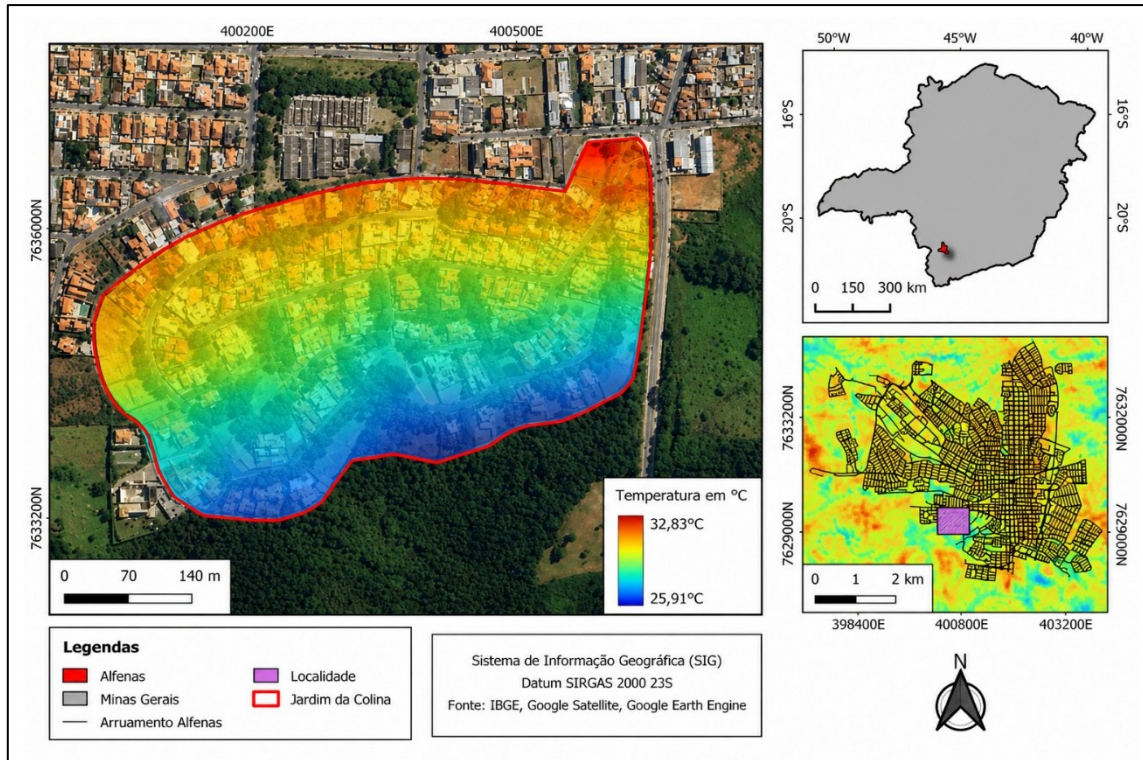


Figura 7 - Recorte do Bairro Jardim da Colina com a média da temperatura de superfície terrestre.
Fonte: Autores, 2025.



Figura 8 - Bairro Vila Formosa.
Fonte: Autores, 2025.

Sendo assim, após analisar as imagens obtidas e o mapa de temperatura de superfície para o recorte da Vila Formosa, é evidente um planejamento urbano executado de maneira precária, isso pela falta de arborização nas ruas, além dos problemas mencionados anteriormente, como o maior número de residências concentradas em uma menor área e a utilização de materiais precários. Todos esses fatores somados resultaram em temperaturas mais acentuadas que nos dois bairros anteriormente citados. Tendo como base o mapa da temperatura de superfície terrestre para esse recorte (Figura 9), a temperatura mínima obtida foi de 26,98°C, máxima de 36,34°C e média de 34,68°C. As temperaturas mais baixas no bairro estão associadas à uma área de várzea, mais uma vez destacando à importância de zonas com vegetação nativa para uma menor sensação térmica.

Para o Jardim América (Figura 10 K, L, M e N), o cenário de desconforto térmico é mais brando se comparado a Vila Formosa. Isso porque notou-se que nem todas as construções apresentaram o mesmo perfil de construção, algumas ainda precárias com fibrocimento em sua composição, destacado pela coloração acinzentada. Contudo, mantém-se as características, que são: materiais precários para a construção civil em sua maioria, falta de arborização e um maior adensamento imobiliário.

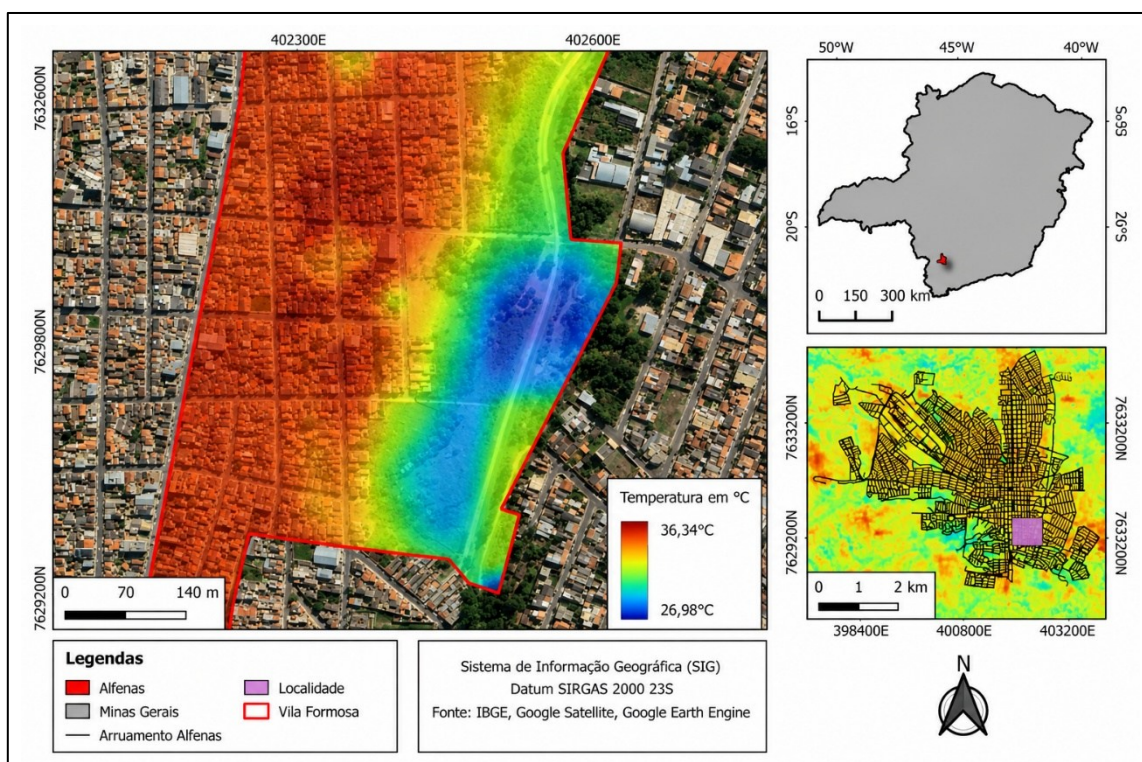


Figura 9 - Recorte do Bairro Vila Formosa com a média da temperatura de superfície terrestre.

Fonte: Autores, 2025.



Figura 10: Jardim América
Fonte: Autores, 2025.

Com a análise do mapa obtido para o recorde do Jardim América (Figura 11), foi observado uma temperatura ligeiramente menor se comparada com a Vila Formosa, outro bairro de menor renda, isso, pelo fato das construções serem mais heterogêneas. Ainda foi possível identificar uma semelhança entre ambos, que as menores temperaturas, que no caso foram de 26,25°C estão localizadas nos limites do perímetro urbano em que há presença de vegetação nativa, e as maiores, de 37,23°C ao maior número de residências, sendo a média de temperatura de todo o bairro 34,3 °C.

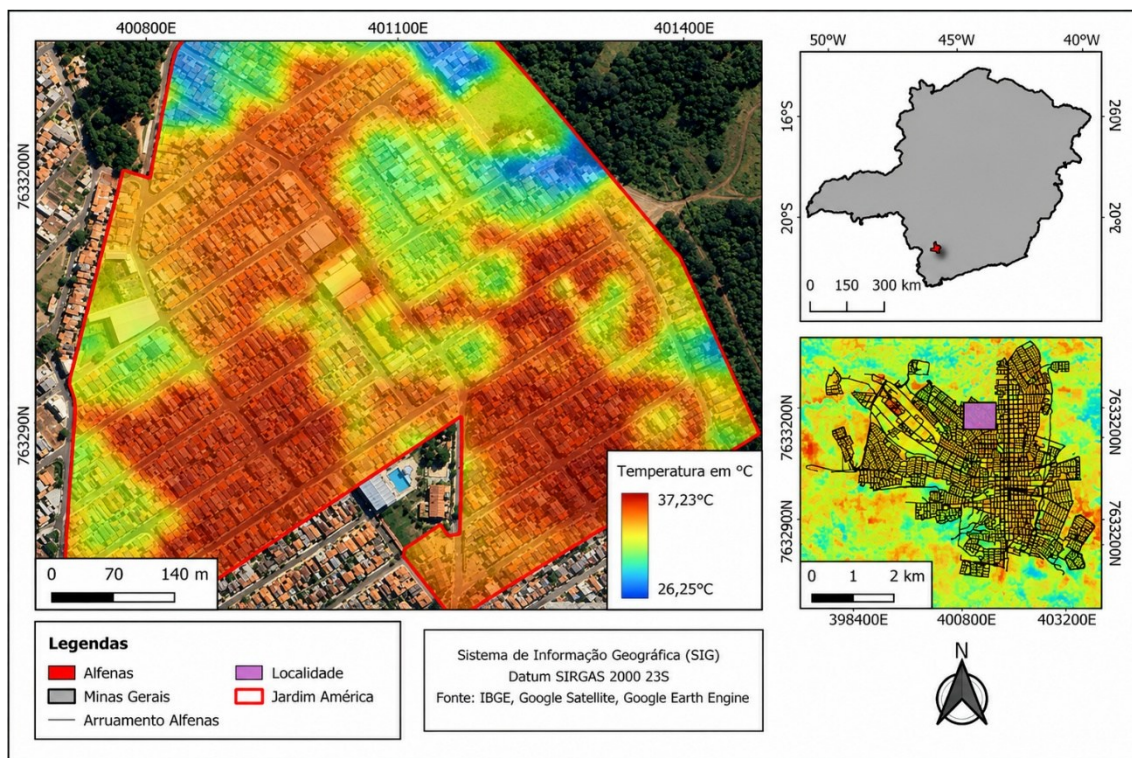


Figura 11 - Recorte do Bairro Jardim América com a média da temperatura da superfície terrestre.
Fonte: Autores, 2025.

Tomando como base a discussão que organizamos até aqui, podemos visualizar nos mapas a seguir que as inferências realizadas no decorrer do estudo se concretizam sobretudo nas dinâmicas socioespaciais da área urbana de Alfenas. Levando em conta os bairros analisados, os dados sobre densidade demográfica corroboram com a ideia articulada no texto de que as partes mais adensadas tendem a apresentar uma temperatura mais elevada, em razão da grande quantidade de moradores compartilhando um mesmo espaço que recorrentemente também reflete um crescimento orgânico e pouco planejado em termos de infraestrutura urbana (edificações, arruamentos, áreas verdes, dentre outros aspectos).

Nesse sentido, é possível observar como os bairros que apresentam os domicílios com maiores rendimentos também são aqueles com uma densidade demográfica bem inferior se comparados aos demais. Não por acaso, como relatamos, tais bairros desfrutam de um conforto térmico mais satisfatório. Nos mapas abaixo, vê-se, portanto, que Jardim América e Vila Formosa, os bairros que apontaram uma temperatura mais elevada são também os que possuem uma alta densidade de moradores com rendas não tão expressivas, o que gera um contraste com os outros dois bairros estudados, o Jardim da Colina e o Jardim Aeroporto, que além de regozijar de temperaturas mais baixas,

despontam como localidades com bons indicadores socioeconômicos na escala intraurbana.

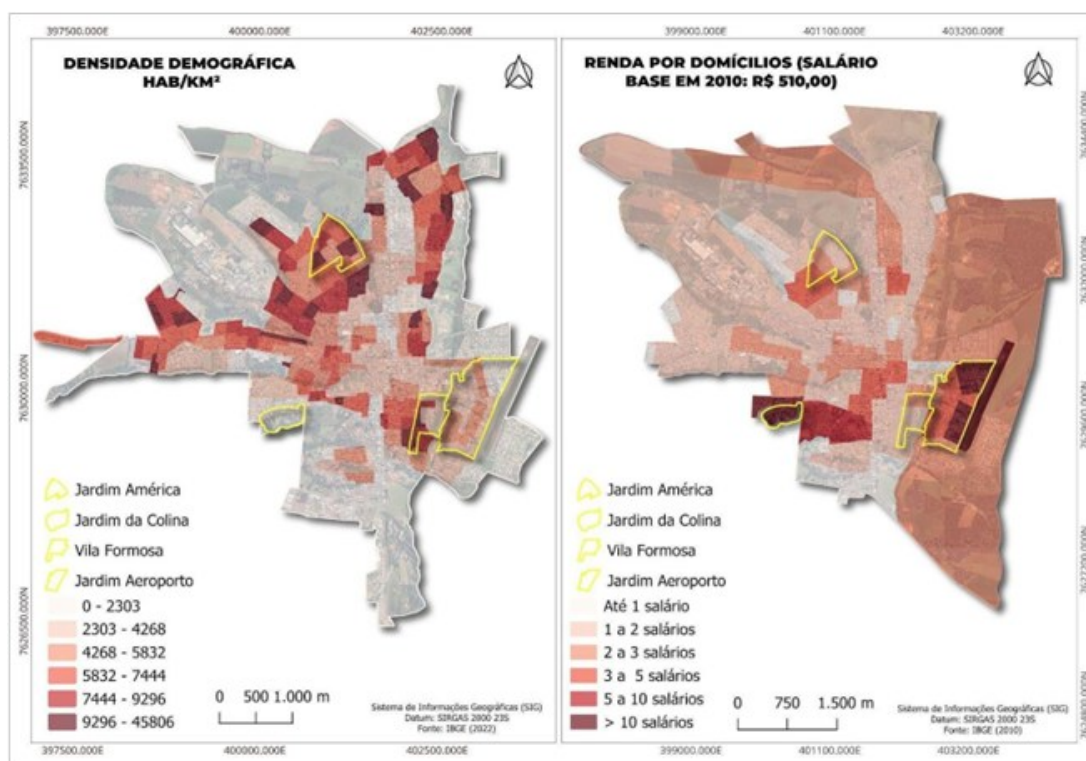


Figura 12: Densidade demográfica e renda por domicílios em Alfenas.

Fonte: Autores, 2025.

Como salientamos em linhas anteriores, fatores como a densidade de pessoas e de infraestruturas, muitas vezes como resultantes de um processo de planejamento não tão bem elaborado e aplicado, atrelado a outras questões, como a instalação de indústrias e/ou outras atividades próximas de loteamentos mais populares (ou vice-versa), em que o alto grau de poluição e outras ações dos efluentes podem influenciar no microclima e no conforto térmico. Outro aspecto importante está atrelado a arborização e a implantação e preservação de áreas verdes dentro da cidade.

De acordo com o IBGE (2022), em Alfenas cerca de 59,2% (mais de 46 mil habitantes) da população vive em ruas que contam com a presença de pelo menos uma árvore, que já não é um valor tão significativo. Por outro lado, como os dados podem indicar, mais de 32 mil pessoas habitam vias que não registram a existência de nenhuma árvore. Se formos mais além, é plausível documentar que desses mais de 46 mil habitantes, 22.653 (48,4%) correspondem aqueles que residem em locais com no máximo uma ou duas árvores, enquanto as porções da cidade que possuem 5 ou mais árvores caem para 27,5%, representadas por cerca 12.861 moradores.

Embora seja um aspecto muitas vezes negligenciado, nas figuras que representam as temperaturas por bairros, mesmo naqueles onde elas foram mais acentuadas, os trechos que indicaram um valor relativamente menor são justamente os que se encontram mais próximos de corredores onde a vegetação é mais presente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como finalidade analisar as médias de temperatura da superfície terrestre em 2 regiões urbanas no município de Alfenas-MG em recortes com diferentes realidades socioeconômicas no intuito de identificar perfis de fragilidade às alterações climáticas que estão se intensificando no antropoceno. Sendo assim, ficou evidente as diferenças frente a tal problemática, tendo como base a diferença de renda entre as populações e o planejamento urbano. Além disso, é necessário destacar as geotecnologias como ferramentas cruciais para identificação de impactos ambientais e seus efeitos. Em suma, o estudo permite aos órgãos municipais estratégias de mitigação nos bairros mais vulneráveis, isso porque, no futuro, com o aumento gradativo da temperatura terrestre, essas populações serão mais impactadas por comorbidades relacionadas ao desconforto térmico.

REFERÊNCIAS

ARORA, D. G. Causes and Effects of Global Warming. **Clinical Medicine**, v. 07, n. 06, 2020.

BARBOSA, J. M.; PREVE, D. R.; TEIXEIRA, A. V. Direito À Cidade e Racismo Ambiental: desigualdade no acesso a recursos urbanos em tempos de crise climática. **Revista Direitos Culturais**, v. 19, n. 48, p. 41–61, 2024.

BERLIE, A. B. Global Warming: A Review of the Debates on the Causes, Consequences and Politics of Global Response. **Journal of Geography**, v. 10, n. 1, p. 144-164, 2018.

CARVALHO, C. G. S.; OLIVEIRA, U. R.; PORTO, R. A.; SILVA, N.; FARIAS, R. C. G. Uso de geotecnologias na identificação e na avaliação dos impactos ambientais nas áreas de preservação permanente em nascentes / Use of geotechnologies in the identification and assessment of environmental impacts in the permanent preservation areas in springs. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 39362–39380, 2021.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperaturas de Superfície Celsius do Sensor TIRS/LANDSAT-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 31, 2013.

FERNANDES, M. E.; MASIERO, E. Relação entre conforto térmico urbano e Zonas Climáticas Locais. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, 2020.

FERREIRA, C. C. M. Modelo para Análise das Variáveis de Cobertura da Terra e a Identificação de Microclimas, em Centros Urbanos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, n. 1, 2014.

PETROV, M.; NIKOLAEVA, Z.; DIMITROV, A. The impact of anthropogenic activity on the global environment. **International Scientific Journal “Science. Business Society**, v. 8, n. 2, p. 59-64, 2023.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. A Importância da Arborização nas Cidades e sua Influência no Microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 67, 2017.

SAD DE ASSIS, E. Métodos preditivos da Climatologia como subsídios ao planejamento urbano: aplicação em conforto térmico. **Terra Livre**, n. 20, p. 145–158, 2015.

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. **Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications**. New York: McGraw-Hill, 2010. 433p.

Recebido: 01/02/2026

Aceito: 15/04/2026