

Variações espaciais do conforto térmico entre ambientes urbano e rural em Juiz de Fora (MG)

Ana Carolina Lenz de Assis, UNESP (Campus Rio Claro), acl.assis@unesp.br
Jhulie Corrêa Casali, UFJF, jhuliecorrea.casali@estudante.ufjf.br
Cássia de Castro Martins Ferreira, UFJF, cassia.castro@ufjf.br

Resumo: Este estudo teve como objetivo analisar o conforto térmico em Juiz de Fora (MG), a partir da comparação entre ambientes urbano e rural durante o verão. Para isso, foram utilizados dados horários de temperatura e umidade relativa do ar, coletados simultaneamente entre os dias 19 e 22 de janeiro de 2025, a partir dos quais foi calculado o Índice de Temperatura e Umidade (THI). Os resultados mostram diferenças entre os dois ambientes evidenciando que a área urbana tende a reter calor, mantendo as temperaturas do ar mais elevadas, especialmente durante a noite. Já no ambiente rural, as temperaturas responderam de forma mais rápida à incidência da radiação solar, resultando em maior amplitude térmica. Assim, conclui-se que a urbanização influencia diretamente o conforto térmico, prolongando condições de calor no ambiente urbano.

Palavras-chave: Conforto térmico; Contraste urbano-rural; Índice THI; Juiz de Fora (MG).

Spatial variations in thermal comfort between urban and rural environments in Juiz de Fora (MG)

Abstract: This study aimed to analyze thermal comfort in Juiz de Fora (MG), Brazil, by comparing urban and rural environments during the summer. Hourly temperature and relative humidity data, collected simultaneously between January 19th and 22nd, 2025, were used to calculate the Temperature-Humidity Index (THI). The results show differences between the two environments, indicating that the urban area tends to retain heat, maintaining higher air temperatures, especially at night. In the rural environment, temperatures responded more quickly to solar radiation, resulting in a greater temperature range. Thus, it is concluded that urbanization directly influences thermal comfort, prolonging hot conditions in the urban environment.

Keywords: Thermal comfort; Urban-rural contrast; THI index; Juiz de Fora (MG).

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O clima urbano constitui-se como um importante campo de investigação voltado à compreensão das alterações climáticas decorrentes do processo de urbanização e da produção do espaço urbano. Nesse contexto, a cidade pode ser entendida, de acordo com Mendonça (2019, p. 176), como a “materialização do processo de urbanização”, caracterizada pela concentração de pessoas, edificações e atividades em um determinado território (Mendonça, 2019). Tal configuração implica em mudanças nos elementos naturais, resultando no aquecimento da camada atmosférica próxima à superfície, sobretudo em função da urbanização acelerada e das modificações impostas ao ambiente original. Como consequência, emergem fenômenos característicos e potencializados pelo meio urbano, como as ilhas de calor, inversões térmicas, aumento da poluição atmosférica, alterações nos

padrões de vento, redução da umidade e intensificação das precipitações, configurando um clima próprio das cidades (ORTIZ, 2012).

Nesse contexto, Monteiro (2019) compreende o clima urbano como resultado de transformações contínuas e dinâmicas impostas pelo processo de urbanização, o que demanda uma abordagem analítica de caráter sistêmico, capaz de integrar a multiplicidade de variáveis envolvidas. Nesse sentido, o Sistema Clima Urbano (S.C.U.) apresenta-se como um importante referencial teórico-metodológico, uma vez que “[...] visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim, é encarada como operador” (MONTEIRO, 2019, p. 21). Tal perspectiva fundamenta-se na compreensão do clima urbano como um sistema específico, dotado de lógica própria, cuja análise requer a articulação dos diversos processos e interações que se manifestam no espaço urbano.

A partir dessa perspectiva sistêmica, Monteiro (2019) propõe os chamados canais de percepção como um recurso analítico para organizar os fenômenos climáticos urbanos em conjuntos inter-relacionados, articulando a dinâmica física da atmosfera à experiência sensorial dos habitantes. Esses canais permitem compreender os fluxos que atravessam o sistema climático urbano, desde a entrada de energia até seus efeitos no espaço construído, evidenciando a relação entre processos atmosféricos, características da urbanização e intervenções humanas. Nesse contexto, o autor identifica três canais principais, dentre os quais se destaca o canal termodinâmico, adotado neste estudo. Segundo Monteiro (2019), as componentes termodinâmicas constituem o nível fundamental de análise do clima urbano, por ser nesse plano que convergem e se integram os demais processos atmosféricos atuantes no sistema. Além de fornecer o referencial básico para a avaliação do conforto térmico urbano, esse subsistema expressa de maneira direta as transformações do balanço de energia que ocorrem no ambiente urbano.

Dessa forma, se inserem as ilhas de calor e o conforto térmico, sendo este último o foco central do presente estudo, ambos analisados no âmbito do canal termodinâmico. As ilhas de calor, de acordo com Amorim (2020), podem ser entendidas como bolsões de ar aquecido formados em áreas urbanizadas, em decorrência das propriedades térmicas diferenciadas dos materiais superficiais e da geração de calor antropogênico. Tais fatores promovem alterações no balanço de energia, favorecendo o armazenamento e a liberação de calor, o que contribui para a elevação das temperaturas do ar no espaço urbano (AMORIM, 2020). A intensidade da ilha de calor urbana é, de modo geral, definida pela diferença de temperatura do ar entre áreas urbanas e rurais, sendo esse contraste térmico um dos

principais indicadores do fenômeno (OKE, 1982). Assim, seus efeitos tornam-se mais evidentes no cotidiano da população, sendo percebidos principalmente por meio das condições de conforto térmico.

A partir dessas considerações, o estudo do conforto térmico ganha centralidade, uma vez que expressa a relação entre as variáveis microclimáticas e os fatores individuais, como vestimentas e nível de atividade. De modo geral, o conforto térmico pode ser compreendido como a sensação de bem-estar experimentada por um indivíduo em determinado ambiente. Trata-se, portanto, de uma condição de natureza subjetiva, já que as respostas térmicas variam entre as pessoas, pois um mesmo ambiente pode ser percebido de formas distintas, sendo confortável para alguns e desconfortável para outros. Ainda assim, considera-se que um ambiente apresenta condições de conforto quando é capaz de proporcionar bem-estar à maior parte dos indivíduos (GOBO, 2013).

Diversos fatores interferem nas condições de conforto térmico, podendo intensificá-lo ou atenuá-lo. De acordo com Carvalho (2006), esses fatores podem ser agrupados em diferentes categorias: os individuais, relacionados ao vestuário e ao metabolismo (como sexo, idade e hábitos alimentares); os fisiológicos, como o fluxo sanguíneo e a taxa de sudorese; aqueles associados às sensações térmicas, vinculadas às percepções e preferências dos indivíduos; e, por fim, os elementos climáticos, entre os quais se destacam a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a velocidade do ar e a umidade relativa do ar.

A necessidade de compreender a sensação térmica experimentada pelos indivíduos frente a diferentes combinações de variáveis ambientais e pessoais levou ao uso do Índice de Temperatura e Umidade (THI), proposto por Thom (1959) e amplamente utilizado por sua capacidade de representar distintas faixas de conforto térmico (FANTE, DEBREUIL e SANT'ANNA NETO, 2017). Ao integrar diferentes parâmetros microclimáticos, o THI constitui uma ferramenta que contribui para a orientação do planejamento de espaços orientados ao bem-estar. A justificativa deste estudo pauta-se na urgência de compreender como essas combinações de variáveis afetam a sensação térmica real da população em diferentes contextos de ocupação do solo. Diante do cenário de urbanização acelerada, o diagnóstico das condições térmicas torna-se uma ferramenta indispensável para orientar intervenções que visem à mitigação do desconforto e à promoção da saúde pública.

Esta pesquisa avaliou comparativamente o conforto térmico entre ambientes com diferentes graus de urbanização em Juiz de Fora (MG), analisando como o contraste térmico entre a área urbana e rural influencia a sensação de bem-estar humano durante episódios representativos do período do verão.

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Juiz de Fora (MG), localizada a aproximadamente 260 km da capital mineira, Belo Horizonte, e a 180 km do Rio de Janeiro, integra a Região Geográfica Imediata de Juiz de Fora, inserida na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. A cidade possui uma área territorial de 1.435.749 km² (IBGE, 2025) e apresenta a quarta maior população do estado, com 540.756 pessoas (IBGE, 2022). Essa população está fortemente concentrada na área urbana, com 98,9% dos moradores vivendo na área urbana, enquanto apenas 1,1% residem na área rural (PIMENTEL, 2025). O município apresenta significativa influência regional, destacando-se na prestação de serviços, diversos municípios vizinhos utilizam-se, por exemplo, de seus serviços de saúde e educação.

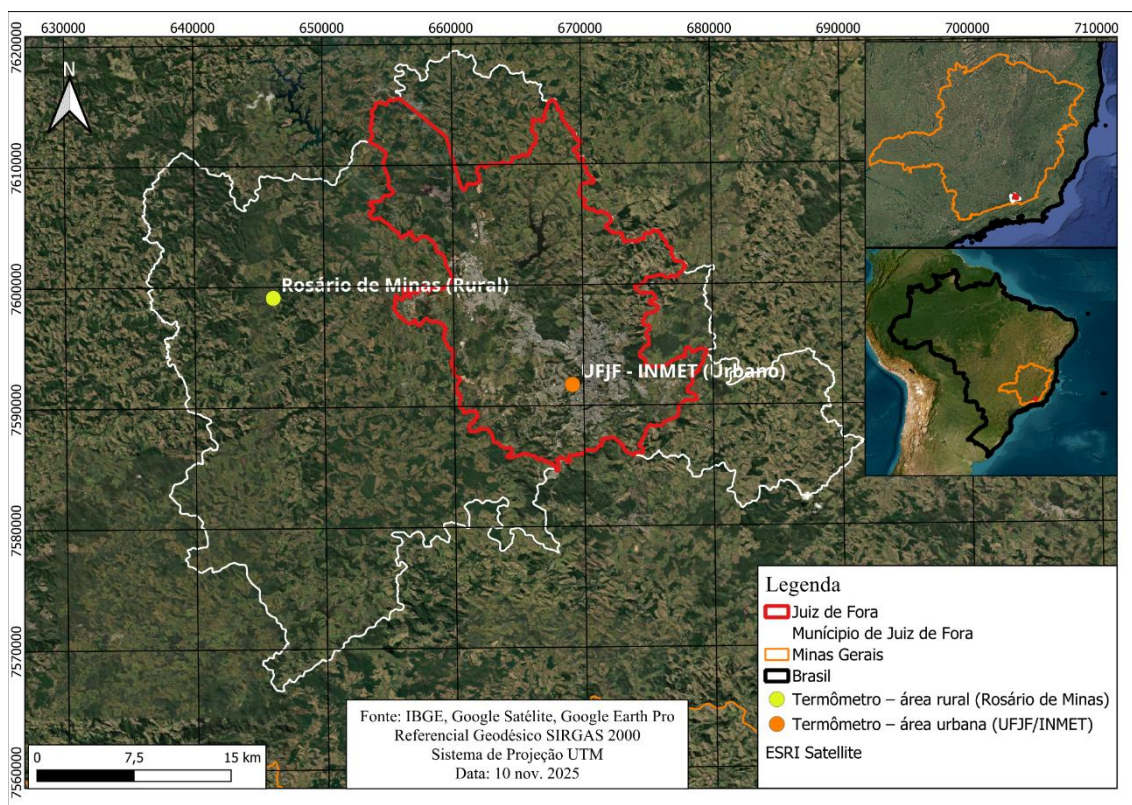
Sua área insere-se em um clima tropical com duas estações bem distintas, caracterizadas por outonos e invernos secos, e primaveras e verões chuvosos. O município localiza-se em uma área de transição climática, com atuação de sistemas tropicais e extratropicais. Além disso, apresenta um regime térmico sazonal, com temperaturas do ar mais elevadas entre dezembro e fevereiro, correspondentes ao verão, e valores mais baixos em junho e julho, período de inverno, enquanto o outono e a primavera configuram fases de transição entre esses extremos (FERREIRA *et al.*, 2023).

Fatores geográficos como altitude e relevo possuem influência em suas dinâmicas climáticas, o município revela grande variação de altitude, com altitude média de 800 metros. A cobertura do solo local é majoritariamente composta por pastagem, abrangendo 58,5% do território, seguida por vegetação nativa de Mata Atlântica, presente em 27,5% da extensão (ASSIS; JARDIM, 2020). Ainda de acordo com Sant'Anna Neto (2005), o Sudeste brasileiro apresenta grande parte de seu território inserida no Planalto Atlântico, onde a atuação de ventos provenientes do litoral exerce influência significativa sobre a distribuição da umidade. Nessas condições, as vertentes a barlavento tendem a registrar maior aporte de umidade.

Caracterização da estação meteorológica urbana

A coleta de dados referente ao ambiente urbano foi realizada por meio da estação meteorológica automática (EMA) 83692, pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação está instalada no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), como pode ser visto na Figura 1, a uma altitude de 936 metros, sobre uma superfície coberta por grama curta (FERREIRA *et al.*, 2023).

Figura 1. Mapa de localização dos termômetros em Juiz de Fora-MG, 2025.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Embora se trate de uma estação centenária que segue as normas técnicas para minimizar as interferências externas, seu entorno imediato tem passado por um acelerado processo de adensamento construtivo e verticalização. Localizada em uma área de expansão urbana e intensa atividade universitária, a estação, apesar de preservada em seu sítio original, acaba por refletir as particularidades do microclima urbano no qual está inserido no espaço intraurbano de Juiz de Fora. Essa característica a torna representativa para a análise das alterações térmicas antrópicas, uma vez que o sensor registra as influências diretas da urbanização consolidada em seu entorno.

Caracterização da estação meteorológica rural

Acerca de 50 km da estação urbana, como pode ser visto na Figura 1, localiza-se o ponto de coleta representativo do ambiente rural, cujos dados foram obtidos por meio da estação IJUIZD16. Esta unidade é de responsabilidade do Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LABCAA) da UFJF, com dados disponibilizados pela plataforma *Weather Underground*.

A estação encontra-se no distrito de Rosário de Minas, caracterizado por sua natureza predominantemente rural, ele fica situado a noroeste da sede municipal e é conectado a ela pela rodovia BR-267. De acordo com Leite e Rocha (2020), esta região constitui a porção do município com a maior densidade de áreas destinadas à silvicultura, sendo um polo voltado à exploração do cultivo de eucalipto e pinus. Essa característica de cobertura vegetal homogênea e o baixo adensamento construtivo conferem ao local as condições ideais para atuar como estação de característica rural nesta pesquisa.

3 - METODOLOGIA

A metodologia fundamenta-se na análise descritiva e comparativa entre duas estações meteorológicas, urbana e rural, visando mensurar a magnitude das alterações térmicas em escala local. Para tanto, utilizaram-se dados horários registrados simultaneamente em ambos os pontos durante o mês de janeiro de 2025, com foco analítico no intervalo de 19 a 22. Essa coleta concomitante assegura a comparabilidade e correlação direta entre os diferentes ambientes.

Conforto térmico

Para a avaliação do conforto térmico, adotou-se o Índice de Temperatura e Umidade (THI), desenvolvido originalmente por Thom (1959). A escolha desse índice justifica-se por sua ampla aplicabilidade e aceitação em pesquisas sobre conforto térmico humano em ambientes internos e externos em regiões tropicais (FANTE, DUBREUIL; SANT'ANNA NETO, 2017). Além disso, sua utilização fundamenta-se na praticidade e na eficácia de sua fórmula, que estima o índice por meio da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa (%). Tais variáveis são consideradas essenciais para a percepção da sensação térmica humana (FANTE, DUBREUIL; SANT'ANNA NETO, 2017).

O cálculo do THI seguiu a formulação descrita por Fante; Dubreuil e Sant'Anna Neto (2017), como descrito na Equação 1:

Equação 1 - Índice de temperatura e umidade (THI).

$$THI = T_s - (0,55 - 0,0055 UR) (T_s - 14,5)$$

Onde é considerado:

THI: Índice de temperatura e umidade (°C);

Ts: temperatura do ar do bulbo seco (°C);

UR: umidade relativa do ar (%).

Fonte: Fante; Dubreuil; Sant'Anna Neto (2017, p 594).

Os valores obtidos foram categorizados segundo as faixas de conforto e desconforto apresentados na Figura 2. A escala de características abrange desde condições de “resfriamento muito elevado” com valores menores ou iguais a 5,9 até o “aquecimento elevado” com valores iguais ou maiores que 33, tendo como intervalo ideal o “centro da zona de conforto” que se encontra entre 21 e 23,9.

Figura 2. Classificação do índice de temperatura e umidade (THI).

Valor do índice	Características
$\leq 5,9$	Resfriamento muito elevado
6,0 a 8,9	Resfriamento elevado
9,0 a 11,9	Frio
12,0 a 14,9	Desconforto ao frio
15,0 a 17,9	Leve desconforto ao frio
18,0 a 20,9	Limite inferior da zona de conforto
21,0 a 23,9	Centro da zona de conforto
24,0 a 26,9	Limite superior da zona de conforto
27,0 a 29,9	Leve desconforto ao calor
30,0 a 32,9	Desconforto ao calor
≥ 33	Aquecimento elevado

Fonte: Funari (2006); Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016, p.921); apud Fante; Dubreuil; Sant’Anna Neto (2017, p. 594).

Os dados microclimáticos foram tabulados e processados utilizando o *software* Microsoft Excel, já para a visualização dos dados térmicos comparativos entre os ambientes rural e urbano, utilizou-se o modelo de linguagem de grande escala Gemini (GOOGLE, 2026). A ferramenta foi empregada para a estruturação dos dados percentuais e geração do gráfico de barras através de scripts em linguagem Python, permitindo a comparação estatística entre os ambientes.

Análise das ilhas de calor urbanas

A análise das Ilhas de Calor Urbanas (ICU) foi conduzida por meio da comparação direta das temperaturas do ar registradas simultaneamente nas estações urbana e rural, com o objetivo de caracterizar a variação térmica entre esses ambientes.

O recorte temporal selecionado para esta análise compreendeu o período de 19 a 22 de janeiro de 2025. Escolhido em função da ocorrência de condições atmosféricas estáveis. Durante os dias averiguados, a região esteve sob a influência predominante de sistemas de alta pressão (anticiclones), responsáveis por inibir a formação de nuvens e precipitação. Tais sistemas proporcionaram ausência de nebulosidade significativa, com céu claro e ventos fracos, condições estas que são ideais para a formação da ilha de calor, uma vez que reduzem a dispersão térmica e potencializam o aquecimento diferencial da superfície (OKE, 1982).

Adicionalmente, a escolha do mês de janeiro fundamenta-se na sazonalidade, uma vez que o verão tende a favorecer a intensificação das ilhas de calor. Segundo Oke (1982), esta é uma das estações em que o fenômeno se observa com maior intensidade, o que reforça a relevância da escolha desse período para a análise.

No que tange ao processamento das informações, os dados coletados foram organizados em bancos de dados estruturados no software Microsoft Excel. Esta etapa de sistematização permitiu a padronização das séries temporais e possibilitou a elaboração de um gráfico comparativo de periodicidade diária e horária. Tal representação é essencial para a visualização da evolução das curvas térmicas e para a subsequente correlação entre a ICU e o conforto térmico em cada local da área de estudo.

4 – RESULTADOS

No dia 19/01, no espaço rural (Figura 3), a temperatura máxima do ar atingiu 33,6°C às 14h, coincidindo com a menor umidade relativa (60%) e configurando um estado de “leve desconforto ao calor”. O dia apresentou três padrões distintos: durante a madrugada e o amanhecer (até às 6h), as temperaturas amenas e a alta umidade mantiveram o índice no “limite inferior da zona de conforto”. A partir das 7h, iniciou-se uma curva ascendente que foi até às 17h. Nesse intervalo, o “limite superior da zona de conforto” foi registrado nos extremos das 7h-8h e 16h-17h. Já o período, entre 9h e 15h, permaneceu na classe de “leve desconforto ao calor”, com pico da máxima temperatura diária de 33,6°C às 14h, em concomitância com a menor umidade relativa (60%). Por fim, entre 18h e 23h, as temperaturas oscilaram entre 21,7°C e 24°C, alcançando a “zona de conforto”.

Figura 3. Tabela do THI para espaço rural e urbano, dia 19 de jan. de 2025.

Horário - 19/01/2025	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Valor do índice THI	Característica - RURAL	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Valor do índice THI	Característica - URBANO
0h	20,4	99	20,4	Limite inferior da z. de c.	27,4	65	24,9	Limite superior da z. de c.
1h	20,4	99	20,4	Limite inferior da z. de c.	26,3	67	24,2	Limite superior da z. de c.
2h	19,8	99	19,8	Limite inferior da z. de c.	25,4	73	23,8	Zona de conforto
3h	19,1	99	19,1	Limite inferior da z. de c.	24,8	76	23,4	Zona de conforto
4h	18,9	99	18,9	Limite inferior da z. de c.	24,2	80	23,1	Zona de conforto
5h	18,3	99	18,3	Limite inferior da z. de c.	23,8	81	22,8	Zona de conforto
6h	18,4	99	18,4	Limite inferior da z. de c.	23,6	80	22,6	Zona de conforto
7h	24,2	99	24,1	Limite superior da z. de c.	23,5	78	22,4	Zona de conforto
8h	26,9	99	26,8	Limite superior da z. de c.	22,4	85	21,7	Zona de conforto
9h	29,9	80	28,2	Leve desconforto ao calor	22,3	85	21,7	Zona de conforto
10h	30,4	74	28,1	Leve desconforto ao calor	22	86	21,4	Zona de conforto
11h	32,3	67	28,1	Leve desconforto ao calor	21,8	86	21,2	Zona de conforto
12h	33,2	61	28,2	Leve desconforto ao calor	22	85	21,4	Zona de conforto
13h	33,1	62	28,2	Leve desconforto ao calor	23,2	81	22,3	Zona de conforto
14h	33,6	60	28,2	Leve desconforto ao calor	24,7	73	23,2	Zona de conforto
15h	26,5	86	25,6	Limite superior da z. de c.	25,9	71	24,1	Limite superior da z. de c.
16h	25	92	24,5	Limite superior da z. de c.	27,4	66	25,0	Limite superior da z. de c.
17h	24,4	99	24,3	Limite superior da z. de c.	28,5	60	25,4	Limite superior da z. de c.
18h	24	99	23,9	Zona de conforto	29,5	59	26,1	Limite superior da z. de c.
19h	23,3	99	23,3	Zona de conforto	29,8	55	26,0	Limite superior da z. de c.
20h	23	99	23,0	Zona de conforto	30,6	48	26,0	Limite superior da z. de c.
21h	22,7	99	22,7	Zona de conforto	29,9	48	25,6	Limite superior da z. de c.
22h	22,5	99	22,5	Zona de conforto	29,3	49	25,1	Limite superior da z. de c.
23h	21,7	99	21,7	Zona de conforto	27	65	24,6	Limite superior da z. de c.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já no ambiente urbano apresentou comportamento térmico oposto ao rural, iniciando o dia no “limite superior da zona de conforto” (26,3°C a 27,4°C; aprox. 66% UR). O período entre 2h e 14h foi caracterizado pela manutenção da “zona de conforto”, com uma trajetória decrescente do índice e da temperatura até às 11h. A partir das 13h, houve uma inflexão na curva térmica; às 15h, o sistema retornou ao “limite superior de conforto”, mantendo-se em trajetória ascendente. Este aquecimento tardio resultou em uma temperatura máxima do ar de 30,6°C após o pôr do sol, com o pico do THI ocorrendo às 18h. Paralelamente, a umidade relativa sofreu uma redução significativa de 37% no intervalo das 12h às 22h.

O dia 20/01, no ambiente rural representado na Figura 4, iniciou-se com a predominância do “limite inferior da zona de conforto”, apresentando temperaturas amenas e elevados índices de umidade. Às 7h, registrou-se um breve momento na “zona de conforto”, seguido por um aumento considerável da temperatura do ar e concomitante redução da umidade. Tal variação estabeleceu um estado de “leve desconforto ao calor”, que persistiu até as 18h. Ao entardecer, iniciou-se o declínio do THI, passando pelo “limite

superior da zona de conforto” às 19h e retornando à “zona de conforto” no restante da noite, período marcado pela queda das temperaturas e umidade relativa alta.

Figura 4. Tabela do THI para espaço rural e urbano, dia 20 de jan. de 2025.

Horário - 20/01/2025	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Valor do índice THI	Característica - RURAL	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Valor do índice THI	Característica - URBANO
0h	21,5	99	21,5	Zona de conforto	26,4	67	24,2	Limite superior da z. de c.
1h	20,9	99	20,9	Limite inferior da z. de c.	26,3	66	24,1	Limite superior da z. de c.
2h	20,3	99	20,3	Limite inferior da z. de c.	24,4	75	23,0	Zona de conforto
3h	19,7	99	19,7	Limite inferior da z. de c.	25,1	70	23,4	Zona de conforto
4h	19,3	99	19,3	Limite inferior da z. de c.	24,9	72	23,3	Zona de conforto
5h	19	99	19,0	Limite inferior da z. de c.	23,8	77	22,6	Zona de conforto
6h	18,7	99	18,7	Limite inferior da z. de c.	22,7	82	21,9	Zona de conforto
7h	23,7	99	23,6	Zona de conforto	22,7	81	21,8	Zona de conforto
8h	28,3	99	28,2	Leve desconforto ao calor	21,7	87	21,2	Zona de conforto
9h	30,3	80	28,6	Leve desconforto ao calor	20,9	90	20,5	Limite inferior da z. de c.
10h	30,9	71	28,3	Leve desconforto ao calor	20,9	89	20,5	Limite inferior da z. de c.
11h	31,8	68	28,6	Leve desconforto ao calor	20,9	90	20,5	Limite inferior da z. de c.
12h	33,7	61	28,4	Leve desconforto ao calor	21,7	86	21,1	Zona de conforto
13h	32,2	60	28,3	Leve desconforto ao calor	23,4	78	22,3	Zona de conforto
14h	30,4	70	27,8	Leve desconforto ao calor	24,6	76	23,3	Zona de conforto
15h	29,6	77	27,7	Leve desconforto ao calor	26,3	70	24,4	Limite superior da z. de c.
16h	29	80	27,4	Leve desconforto ao calor	27,9	64	25,2	Limite superior da z. de c.
17h	28,2	90	27,4	Leve desconforto ao calor	28,5	60	25,4	Limite superior da z. de c.
18h	27,4	99	27,3	Leve desconforto ao calor	28,9	60	25,7	Limite superior da z. de c.
19h	25,9	99	25,8	Limite superior da z. de c.	26,7	64	24,3	Limite superior da z. de c.
20h	24	99	23,9	Zona de conforto	27,4	61	24,6	Limite superior da z. de c.
21h	23,2	99	23,2	Zona de conforto	28,6	59	25,0	Limite superior da z. de c.
22h	23	99	23,0	Zona de conforto	29,7	55	25,6	Limite superior da z. de c.
23h	22,7	99	22,7	Zona de conforto	29	54	25,3	Limite superior da z. de c.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já no ambiente urbano, as primeiras horas do dia caracterizaram-se pelo 'limite superior da zona de conforto', com temperaturas elevadas e umidade relativa inferior a 70%. Durante as primeiras 12 horas, observou-se o declínio do THI devido à redução térmica e ao aumento, quase constante, da umidade, mantendo o índice predominantemente na “zona de conforto”. Nesse intervalo, entre 9h e 11h, o THI atingiu o “limite inferior da zona de conforto”, coincidindo com a temperatura mínima diária e umidade relativa média de 90%. A “zona de conforto” persistiu até às 14h, sob temperaturas ascendentes, o período das 15h às 23h consolidou-se no “limite superior da zona de conforto”. Esta fase final foi marcada majoritariamente pela redução horária da umidade e por uma temperatura que, após crescer significativamente até as 18h e sofrer leve declínio até as 21h, atingiu seu ápice às 22h, com 29,7°C e umidade de 55%.

No dia 21, representado na Figura 5, no ambiente rural, as três primeiras horas mantiveram-se na “zona de conforto”, evoluindo para o “limite inferior da zona de conforto” até às 6h, em função do declínio térmico na madrugada. Com o amanhecer, o THI

apresentou uma trajetória ascendente: atingiu o “limite superior da zona de conforto” entre 7h e 8h e progrediu para “leve desconforto ao calor” no intervalo das 9h às 14h, período marcado pela redução da umidade relativa e elevação da temperatura. O ápice térmico ocorreu às 15h, registrando 36,6°C e umidade de 49%, o que resultou em um estado de “desconforto ao calor”. Após esse pico, as condições retornaram gradualmente aos patamares anteriores até o entardecer. Entre 20h e 22h, sob temperaturas em decréscimo e umidade em ascensão, o índice situou-se no “limite superior da zona de conforto”, finalizando a última hora do dia na “zona de conforto”.

Figura 5. Tabela do THI para espaço rural e urbano, dia 21 de jan. de 2025.

Horário - 21/01/2025	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Valor do índice THI	Característica - RURAL	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	#	Valor do índice THI	Característica - URBANO
0h	22,3	99	22,3	Zona de conforto	27,5	63	24,9		Limite superior da z. de c
1h	21,8	99	21,8	Zona de conforto	26,8	66	24,5		Limite superior da z. de c
2h	21,2	99	21,2	Zona de conforto	26,2	69	24,2		Limite superior da z. de c
3h	20	99	20,0	Limite inferior da z. de c.	25,5	73	23,9		Zona de conforto
4h	19,6	99	19,6	Limite inferior da z. de c.	25,9	66	23,8		Zona de conforto
5h	19	99	19,0	Limite inferior da z. de c.	25	72	23,4		Zona de conforto
6h	19,2	99	19,2	Limite inferior da z. de c.	24,3	76	23,0		Zona de conforto
7h	24,7	92	24,3	Limite superior da z. de c.	23,9	78	22,8		Zona de conforto
8h	28,1	83	26,8	Limite superior da z. de c.	23,4	82	22,5		Zona de conforto
9h	30,6	74	28,3	Leve desconforto ao calor	23,6	77	22,4		Zona de conforto
10h	31,7	68	28,7	Leve desconforto ao calor	23,8	74	22,5		Zona de conforto
11h	32,3	61	28,5	Leve desconforto ao calor	23,6	75	22,3		Zona de conforto
12h	33,6	55	28,9	Leve desconforto ao calor	23,9	73	22,5		Zona de conforto
13h	34,7	51	29,3	Leve desconforto ao calor	25	70	23,3		Zona de conforto
14h	35,5	48	29,5	Leve desconforto ao calor	25,8	70	23,9		Zona de conforto
15h	36,6	49	29,4	Desconforto ao calor	27,4	63	24,8		Limite superior da z. de c
16h	36,1	48	29,8	Leve desconforto ao calor	29	56	25,5		Limite superior da z. de c
17h	35,8	48	29,7	Leve desconforto ao calor	30,7	46	25,9		Limite superior da z. de c
18h	35,1	52	29,7	Leve desconforto ao calor	31,4	48	26,3		Limite superior da z. de c
19h	30,3	65	27,3	Leve desconforto ao calor	31,4	45	26,9		Limite superior da z. de c
20h	28,9	75	26,9	Limite superior da z. de c.	32,2	43	26,7		Limite superior da z. de c
21h	26,6	86	25,7	Limite superior da z. de c.	32,4	43	26,9		Limite superior da z. de c
22h	24,5	92	24,1	Limite superior da z. de c.	28,6	61	25,6		Limite superior da z. de c
23h	22,3	99	22,3	Zona de conforto	28,9	60	25,7		Limite superior da z. de c

Fonte: Elaborado pelos autores.

No espaço urbano, o dia 21/01, semelhante aos dias anteriores, as horas iniciais foram caracterizadas pelo “limite superior da zona de conforto”. Observou-se uma redução térmica quase linear até o meio do dia, o que resultou na queda do THI e na manutenção da “zona de conforto” nesse intervalo. Entre 13h e 21h, registrou-se um aumento expressivo da temperatura, concomitante à redução da umidade relativa. O THI atingiu seu ápice às 21h, juntamente com a máxima temperatura do ar (32,4°C), situando-se no “limite superior da zona de conforto”, condição que se estabeleceu às 15h e perdurou até o final do dia.

Por fim, no dia 22/01, apresentado na Figura 6, no espaço rural, o dia apresentou três padrões principais. Entre 0h e 8h, prevaleceu a “zona de conforto”, com temperaturas

do ar entre 21,1°C e 23,8°C e umidade de 99%. A partir das 9h, o aumento térmico, que atingiu 35,0°C às 15h, e o declínio da umidade resultaram em “leve desconforto ao calor” até as 16h. Às 17h, ocorreu queda abrupta de 11,7°C, mantendo o restante do dia no “limite inferior da zona de conforto”, com temperatura do ar em torno de 19°C e alta umidade.

Figura 6. Tabela do THI para espaço rural e urbano, dia 22 de jan. de 2025.

Horário - 22/01/2025	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Valor do índice THI	Característica - RURAL	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Valor do índice THI	Característica - URBANO
0h	21,5	99	21,5	Zona de conforto	27,9	61	25,0	Limite superior da z. de c.
1h	21,5	99	21,5	Zona de conforto	27,2	62	24,5	Limite superior da z. de c.
2h	21,3	99	21,3	Zona de conforto	24	74	22,6	Zona de conforto
3h	21,5	99	21,5	Zona de conforto	23,7	76	22,5	Zona de conforto
4h	21,3	99	21,3	Zona de conforto	23,4	80	22,4	Zona de conforto
5h	21,2	99	21,2	Zona de conforto	22,9	88	22,3	Zona de conforto
6h	21,1	99	21,1	Zona de conforto	22,7	89	22,2	Zona de conforto
7h	21,7	99	21,7	Zona de conforto	22	92	21,7	Zona de conforto
8h	23,8	99	23,7	Zona de conforto	21	91	20,7	Limite inferior da z. de c.
9h	27,8	99	27,7	Leve desconforto ao calor	20,6	92	20,3	Limite inferior da z. de c.
10h	29,3	88	29,3	Leve desconforto ao calor	20,9	90	20,5	Limite inferior da z. de c.
11h	31,1	80	29,3	Leve desconforto ao calor	21	89	20,6	Limite inferior da z. de c.
12h	31,6	70	28,8	Leve desconforto ao calor	19,9	89	19,6	Limite inferior da z. de c.
13h	32,4	60	28,5	Leve desconforto ao calor	21,1	84	20,5	Limite inferior da z. de c.
14h	32,3	64	28,6	Leve desconforto ao calor	22,5	79	21,6	Zona de conforto
15h	35	52	28,6	Leve desconforto ao calor	25,7	67	23,7	Zona de conforto
16h	30,5	69	27,8	Leve desconforto ao calor	26,5	64	24,1	Limite superior da z. de c.
17h	19	99	19,0	Limite inferior da z. de c.	28	60	25,0	Limite superior da z. de c.
18h	19	99	19,0	Limite inferior da z. de c.	29,7	52	25,7	Limite superior da z. de c.
19h	19,3	99	19,3	Limite inferior da z. de c.	31	56	27,4	Leve desconforto ao calor
20h	19,4	99	19,4	Limite inferior da z. de c.	29,7	55	25,9	Limite superior da z. de c.
21h	19,4	99	19,4	Limite inferior da z. de c.	29,8	55	26,0	Limite superior da z. de c.
22h	19,5	99	19,5	Limite inferior da z. de c.	30,1	56	26,3	Limite superior da z. de c.
23h	19,2	99	19,2	Limite inferior da z. de c.	22,2	82	21,4	Zona de conforto

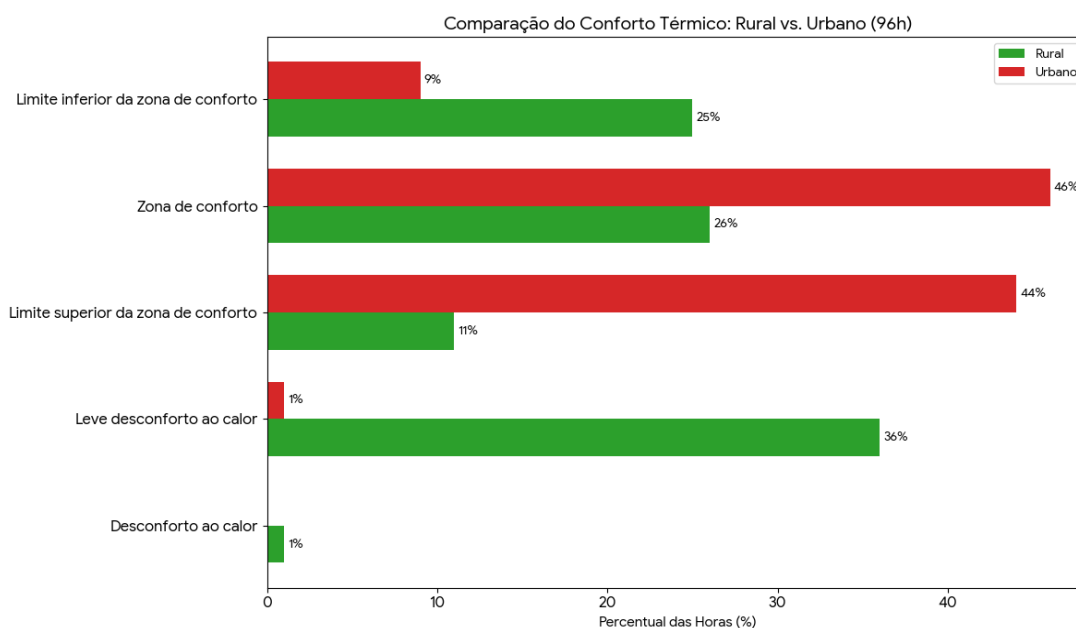
Fonte: Elaborado pelos autores.

E no espaço urbano, nas duas primeiras horas do dia, a convergência de temperaturas elevadas e umidade relativa reduzida posicionou o índice no “limite superior da zona de conforto”. Subsequentemente, entre 2h e 7h, estabeleceu-se a “zona de conforto”, com temperaturas oscilando entre 22°C e 24°C sob umidade ascendente. Observou-se, posteriormente, uma janela de resfriamento que deslocou o THI para o “limite inferior da zona de conforto” entre 8h e 13h, período em que os registros térmicos não excederam os 21°C. Após um breve intervalo de duas horas na “zona de conforto”, o índice retornou ao “limite superior da zona de conforto” das 16h às 22h, impulsionado pela elevação térmica e baixa umidade. Nesse intervalo, às 19h, configurou-se um estado de “leve desconforto ao calor”, com temperatura de 31°C e umidade relativa de 56%. O período encerrou-se na “zona de conforto”.

Percentual das classes

A análise percentual do índice de conforto térmico, abrangendo as 96 horas amostradas, apresentada na Figura 7, revela disparidades significativas entre os ambientes rural e urbano. No meio rural, observou-se a ocorrência de cinco classes de conforto: o estado de “leve desconforto ao calor” foi o mais frequente, representando 36% das horas, seguido pela “zona de conforto” com 26% e pelo “limite inferior da zona de conforto” com 25%. O “limite superior da zona de conforto” e o “desconforto ao calor” registraram as menores frequências, com 11% e 1%, respectivamente.

Figura 7. Comparação do conforto térmico: urbano x rural (96 h).



Fonte: Elaborado pelos autores, com auxílio da inteligência artificial Gemini (Google).

Em contrapartida, a área urbana exibiu uma dinâmica distinta, concentrando-se em apenas quatro classes e demonstrando uma tendência à maior estabilização. A “zona de conforto” representou 46%, enquanto o “limite superior da zona de conforto” correspondeu a 44%. Por outro lado, a ocorrência do “limite inferior da zona de conforto” restringiu-se a apenas 9% das horas, enquanto o “leve desconforto ao calor” representou apenas 1% da amostra.

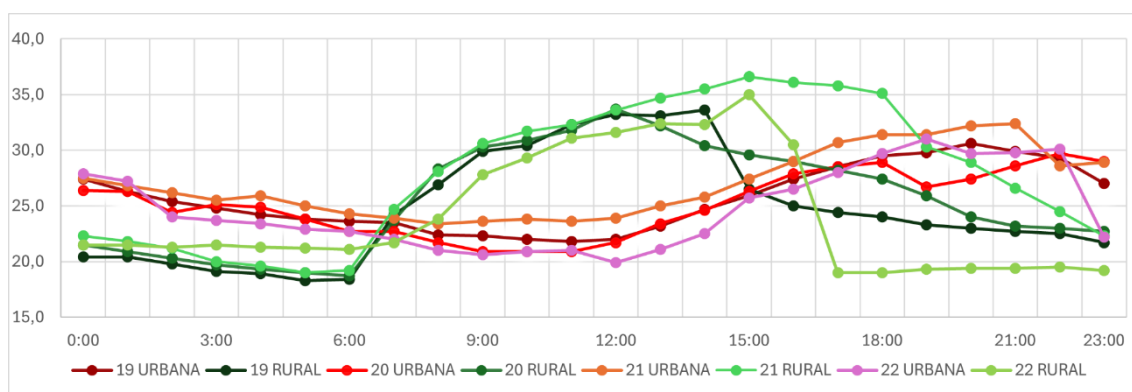
A análise pelo percentual horário permite visualizar que o ambiente rural apresentou maior dispersão entre as classes de conforto. Enquanto os dados no ambiente urbano possuem uma homogeneidade térmica mais significativa, no qual 90% das 96 horas analisadas permaneceram concentradas em apenas dois patamares, sendo “zona de conforto” (46%) e “limite superior da zona de conforto” (44%).

Este contraste evidencia uma homogeneidade acentuada do ambiente urbano. Enquanto o ambiente rural responde rapidamente às variações de energia, a quase inexistência de “leve desconforto ao calor” (1%) não sugere um clima mais ameno na cidade; pelo contrário, indica que a área urbana está estacionada em dois patamares elevados de temperatura. Ao observar que foram poucos os momentos que atingiram o “limite inferior” (apenas 9% do tempo), o ambiente urbano demonstra dificuldade em realizar o declínio térmico, mantendo-se em um processo de aquecimento quase constante que impede o resfriamento eficiente, mesmo após o pôr do sol.

No ambiente rural, observou-se uma elevação abrupta do THI, principalmente no intervalo entre 6h e 9h. No dia 19, essa ascensão ocorreu entre 6h e 7h, transitando diretamente do “limite inferior” para o “limite superior”. Tal comportamento repete-se no dia 20, quando o índice aumenta 4,9°C em apenas uma hora, das 6h às 7h, e acumula uma alta de 10,5°C até as 8h, atingindo a classificação de “leve desconforto ao calor”. Um resultado semelhante foi verificado nos dias 21 e 22; neste último, o THI sobe 5°C entre 8h e 9h, saindo da “zona de conforto” para o “leve desconforto ao calor”. O dia 22 destacou-se, ainda, pelo resfriamento acentuado entre 16h e 17h, com queda de 8,8°C no índice. Em contraste, o ambiente urbano não registrou variações, positivas ou negativas, superiores a 4,9°C nos intervalos de uma hora.

Essa dinâmica também pode ser ilustrada com a verificação da variação térmica entre os dois ambientes, apresentado no gráfico da Figura 8:

Figura 8. Variações Térmicas entre Estação Urbana e Rural (19 a 22 de janeiro de 2025).



Fonte: Elaborado pelos autores.

A retenção de calor na área urbana reflete diretamente o comportamento térmico observado, no qual a área central apresentou temperaturas do ar mais elevadas no período noturno em comparação à área rural utilizada no estudo, resultado semelhante pode ser

observado em Carvalho et al. (2022). Conforme descrito por Oke (1982), a diferença térmica entre os pontos analisados tende a se acentuar durante a noite, quando o resfriamento radiativo é mais eficiente nas áreas rurais. Esse processo resultou em valores mais elevados de THI no período pós-entardecer.

Nas primeiras horas da madrugada, verifica-se uma queda mais acentuada da temperatura do ar em áreas rurais, o que posiciona o THI em níveis mais confortáveis ou no “limite inferior”. Em contrapartida, o ambiente urbano mantém valores relativamente elevados, com índice THI majoritariamente no “limite superior”. Esse comportamento reflete a capacidade das superfícies construídas de armazenar energia durante o dia e liberá-la de forma gradual (AMORIM, 2020), resultando em uma oscilação térmica diária mais atenuada no espaço urbano, com menores amplitudes térmicas e redução da taxa de resfriamento noturno. Conforme também observado nos estudos locais de Assis e Ferreira (2018) e Scheffer e Ferreira (2023).

Por outro lado, durante o pico de radiação solar, entre 9h e 15h, o padrão inverte-se, com o ambiente rural apresentando temperaturas do ar ligeiramente superiores e, conseqüentemente, valores de THI mais altos. Tal situação decorre do aquecimento mais eficiente das superfícies vegetadas sob forte radiação solar direta, aliado à menor inércia térmica do solo rural. Esse contraste diurno reduz a intensidade da ilha de calor, a qual volta a se intensificar nas horas subsequentes ao pôr do sol (OKE, 1982).

Em suma, estes resultados demonstram que a configuração urbana de Juiz de Fora compromete a dissipação térmica noturna, prolongando a exposição a valores elevados de THI e retardando o alcance do conforto térmico na área urbana.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciam que o contraste entre os ambientes urbano e rural não se limita a diferenças pontuais de temperatura do ar, mas expressa dinâmicas térmicas distintas, diretamente relacionadas às formas de uso e ocupação do espaço. No ambiente urbano, a menor amplitude térmica e a manutenção de valores mais elevados, sobretudo no período noturno, indicam uma dificuldade de dissipação do calor acumulado ao longo do dia. Esse comportamento mostra que o calor tende a permanecer por mais tempo no ambiente urbano, prolongando a exposição a condições menos favoráveis ao conforto. Em contrapartida, o ambiente rural apresentou maior amplitude térmica, com respostas mais rápidas às mudanças na recepção da radiação solar e, a uma maior perda de radiação terrestre no período noturno, o que favorece tanto o aquecimento quanto o resfriamento ao longo do ciclo diário.

Nesse sentido, os resultados contribuem para a compreensão do conforto térmico como um fenômeno diretamente condicionado pela organização do espaço urbano, reforçando a importância de abordagens que articulem os processos físicos às formas de produção do espaço. A utilização do THI mostrou-se adequada para evidenciar essas diferenças, permitindo uma leitura integrada das condições térmicas. Do ponto de vista aplicado, os resultados indicam que as condições mais quentes no ambiente urbano não estão necessariamente ligadas a picos extremos de temperatura do ar, mas sim à dificuldade de resfriamento ao longo do tempo, o que reforça a necessidade de estratégias que favoreçam a dissipação do calor.

Por fim, é importante considerar que os resultados estão condicionados ao recorte temporal analisado e ao número limitado de pontos de coleta, o que restringe a abrangência das interpretações. Ainda assim, os padrões identificados indicam tendências consistentes, que podem ser aprofundadas em estudos futuros com maior cobertura temporal e espacial, contribuindo para uma compreensão mais detalhada das dinâmicas térmicas em cidades de médio porte.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. C. de C. T. *Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática*. Curitiba: Appris, 2020.

ASSIS, D. C.; FERREIRA, C. de C. M. Zoneamento térmico e suas correlações associadas aos padrões de uso e ocupação da terra da região urbana, Centro em Juiz de Fora - MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 22, p. 554-573, jan./jun., 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14054>. Acesso em: 3 maio. 2026.

CARVALHO, V. F. M.a de. *Contributos bioclimáticos para o planeamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas*. 2006. 336 f. Dissertação (Mestrado em planeamento e projecto do ambiente urbano) — Faculdade de engenharia da Universidade do Porto/Portugal, Porto.

CARVALHO, P. M. et al. Comparação da temperatura do ar noturna entre centro e bairro. *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF*, v. 12, n. 2, p. 18-40, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/39498/25417>. Acesso em: 01 maio 2026.

FANTE, K. P.; DUBREUIL, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao

contexto tropical, Presidente Prudente/Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 21, p. 588-612, jul./dez., 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/53839>. Acesso em: 3 maio. 2026.

FERREIRA, C. de C. M. et al. (org.). *Clima de Juiz de Fora 50 anos de dados meteorológicos*. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2023.

GOBO, J. P. de A. *Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano*. 2013. 207f. Tese (Doutorado em Filosofia) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo.

GOOGLE. *Gemini* (versão de abril de 2026). [Software de inteligência artificial]. Disponível em: <https://gemini.google.com>. Acesso em: 30 abr. 2026.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados - Juiz de Fora/MG*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/juiz-de-fora.html>

LEITE, L. C. O. F.; ROCHA, C. H. B. Monitoramento da alteração da paisagem florestal entre 2004 e 2018 no município de Juiz de Fora, MG-Brasil. *Geofronter*, [S. l.], v. 6, n.1, p.1-20, 2020. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/GEOF/article/view/4356/pdf>. Acesso em: 02 maio 2026.

MONTEIRO, Carlos A. F. e MENDONÇA, F. *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (orgs.). *Clima Urbano*. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2019. p. 9-68.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 108, n. 455, p. 1–24, 1982. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/qj.49710845502>. Acesso: 03 maio de 2026.

ORTIZ, G. F. *O clima urbano de Cândido Mota: análise do perfil térmico e higrométrico em episódios de verão*. 2012. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

PIMENTEL, F. de O. *O clima urbano em Juiz de Fora — MG: uma abordagem a partir das zonas climáticas locais*. 2025. 184f. Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANT’ANNA NETO, J. L. O decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 43-60, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25232>. Acesso em: 3 maio. 2026.

SCHEFFER, G. Durães; FERREIRA, C. de C. M. A importância de áreas verdes na atenuação da temperatura do ar em áreas intraurbanas: um estudo comparativo sobre o conforto térmico. *XV ENANPEGE - Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia*. Palmas. 2023.