ISSN: 2965-5609
https://periodicos.ufcat.edu.br/espaco

ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE EM UBERLÂNDIA – MG

Welery Roel de Azevedo [1]

Ednaldo Carvalho Guimarães[2]

AZEVEDO, Welery Roel de; GUIMARÃES, Ednaldo Carvalho. ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE EM UBERLÂNDIA – MG . **Espaço em Revista**, Catalão, v. 28, n. 2, 2026. DOI: https://10.70261/er.v28i1.e20260012 Disponível em: https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/75193

Esta obra está licenciada com uma Licença CC BY 4.0 . Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Recebido: 04/02/2026 | **Aceito:** 18/09/2026 | **Publicado**: 18/09/2026

Resumo: O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é uma medida utilizada para caracterizar a sensação de conforto ou desconforto térmico e está diretamente associado à qualidade de vida das pessoas. Este estudo teve como objetivo analisar o comportamento temporal do ITU mínimo, médio e máximo, no período de 2006 a 2023, no município de Uberlândia – MG, utilizando a metodologia estatística de análise de séries temporais. Os valores horários de ITU foram calculados para toda a série, sendo obtidos os valores mínimos, médios e máximos mensais, que foram submetidos à análise gráfica e aos testes de Friedman para anos e meses, a fim de verificar a presença de tendência e sazonalidade. Os dados foram analisados por meio das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial, com ajuste de modelos do tipo SARIMA e avaliação da qualidade do ajuste. Os resultados indicaram ausência de tendência para a série de valores mínimos, adequadamente descrita pelo modelo SARIMA $(0,0,0)(1,1,1)_{12}$. Para o ITU médio e máximo, observaram-se modelos com componente de tendência, respectivamente SARIMA $(1,0,1)(1,1,2)_{12}$ e SARIMA $(2,0,2)(2,1,2)_{12}$. Esses resultados indicam a ocorrência de uma tendência crescente no desconforto térmico no município, possivelmente associada ao crescimento urbano e às mudanças climáticas, com impactos sobre o bem-estar e a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Alterações climáticas. Conforto térmico. Séries temporais.

Temporal Analysis of the Temperature–Humidity Index in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

Abstract: The Temperature–Humidity Index (ITU) is a measure used to characterize the sensation of thermal comfort or discomfort and is directly associated with people's quality of life. This study aimed to analyze the temporal behavior of minimum, mean, and maximum ITU values from 2006 to 2023 in the municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil, using statistical time series analysis. Hourly ITU values were calculated for the entire period, and monthly minimum, mean, and maximum values were obtained. These values were subjected to graphical analysis and Friedman tests for years and months in order to verify the presence of trend and seasonality. The data were analyzed using autocorrelation and

[1]Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Brasil, e-mail: weleryroeldeazevedo@gmail.com
[2]Professor do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil, E-mail: ecg@ufu.br

partial autocorrelation functions, SARIMA model fitting, and evaluation of model performance. The results indicated no trend in the minimum ITU series, which was adequately described by the SARIMA $(0,0,0)(1,1,1)_{12}$ model. For mean and maximum ITU, models incorporating a trend component were identified, namely SARIMA $(1,0,1)(1,1,2)_{12}$ and SARIMA $(2,0,2)(2,1,2)_{12}$, respectively. These results indicate an increasing trend in thermal discomfort in the municipality, possibly associated with urban growth and climate change, with impacts on population well-being and quality of life.

Keywords: Climate change. Thermal comfort. Time series analysis.

Introdução

Atualmente, é amplamente aceito na comunidade científica que a ação humana tem causado significativas mudanças climáticas globais e que isso afeta a qualidade de vida dos seres vivos, incluindo o homem (ALGECIRAS; CONSUEGRA; MATZARAKIS, 2016; JIANG *et al.* 2024; MCGRANAHAN; BALK; ANDERSON, 2007). Allen *et al.* (2010) descreveram que a mudança climática engloba, entre outros aspectos, o aumento da temperatura média do planeta, a modificação do ciclo da água e a expansão de determinadas zonas climáticas.

Os seres humanos, assim como qualquer ser vivo, possuem uma zona termoneutra em que suas condições vitais ficam em equilíbrio, e esta zona está relacionada a variáveis climáticas, tais como a temperatura do ar e a umidade relativa em atuação com o ambiente em que se está localizado. Quando o ser vivo está em sua zona termoneutra, diz-se que ele está em conforto térmico, seja em regiões urbanas, rurais ou em quaisquer outras (PALLUBINSKY; SCHELLEN; LICHTENBELT, 2019; SCHLADER, 2015).

Bogo *et al.* (1994) definiram que o conforto térmico é um estado físico e psicológico no qual há uma percepção, pelo corpo humano, das condições do ambiente térmico e que pode ocorrer a partir de índices biofísicos, fisiológicos e subjetivos ou meteorológicos e biometeorológicos. Quando consideradas as variáveis climáticas, é possível desenvolver modelos de conforto térmico ou o entendimento dos elementos que o constituem (APARICIO-RUIZ *et al.* 2023).

Para avaliar o conforto térmico em um ambiente, a literatura propõe a utilização de alguns índices e define valores limítrofes para determinar a zona de conforto e de desconforto térmico. Neste sentido, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) pode ser utilizado como um indicador do conforto térmico em um ambiente. Este índice é calculado a partir da temperatura do ar e da umidade relativa e, portanto, sofre a influência de fatores, tais como a urbanização dos municípios, a alteração da vegetação e as mudanças climáticas locais e globais (TAZZO, 2024; SCHLATTER, 1987).

CC BY

Conforme Novais *et al.* (2018), o ITU é amplamente utilizado devido à facilidade de cálculo, pois depende apenas da temperatura e da umidade relativa do ar, além da facilidade de interpretação. Cabe ressaltar que a literatura cita que, para os seres humanos, ITU acima de 24, calculado pela fórmula proposta por França *et al.* (2015), é considerado desconforto térmico, ou seja, nessas condições, o ser humano se encontra fora da zona termoneutra.

O município de Uberlândia – MG, situado no Triângulo Mineiro, em termos populacionais, é o segundo maior município do estado, de acordo com divulgação da Prefeitura Municipal de Uberlândia, 2024, e está localizado em uma região que apresenta, ao longo do ano, dias com temperaturas relativamente altas e, com frequência, associados a dias com umidade relativa do ar abaixo do que é considerado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como adequada (PRADO *et al.*, 2016). Neste sentido, é de grande interesse científico e prático analisar o comportamento temporal do ITU na cidade, identificando componentes sazonais e de tendência.

Uma das propostas metodológicas de análise de dados medidos ao longo do tempo é a estatística de séries temporais que, conforme descreveram Morettin e Toloi (2006), utiliza modelos estatísticos que permitem a interpretação de componentes atribuídas à sazonalidade, ou seja, comportamentos recorrentes em períodos relativamente curtos de tempo, podendo ser de meses ou trimestres, e de componentes de tendência, que mostram o comportamento geral dos dados em períodos maiores do tempo, por exemplo, anos. Neste contexto, os modelos do tipo autorregressivos de médias móveis – ARIMA – e suas variações com sazonalidade – SARIMA – são amplamente utilizados, conforme podem serem vistos em trabalhos como Ferreira e Souza (2011), que fizeram a caracterização temporal da precipitação pluvial em Sete Lagoas – MG; Ferreira *et al.* (2016), que desenvolveram uma análise de séries temporais de temperatura do ar e umidade relativa em Cuiabá – MT; Matias e Costa (2012), que analisaram o comportamento temporal do conforto térmico em Belo Horizonte – MG; Rossi, Kruger e Brode (2012), que realizaram estudos sobre a definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba – PR; e Mandú e Gomes (2019), que identificaram tendências no conforto térmico na região Norte do Brasil.

Portanto, as análises temporais de índices de conforto térmico têm mostrado a influência da urbanização dos municípios e das mudanças climáticas na sensação de desconforto térmico. Trabalhos como os de Xavier *et al.* (2021), na cidade de Vitória – ES, e Barboza *et al.* (2020), na cidade de Iguatu – CE, corroboram as observações sobre a alteração temporal dos índices de conforto térmico. Diante do exposto, o objetivo geral deste estudo foi o de analisar o

CC BY

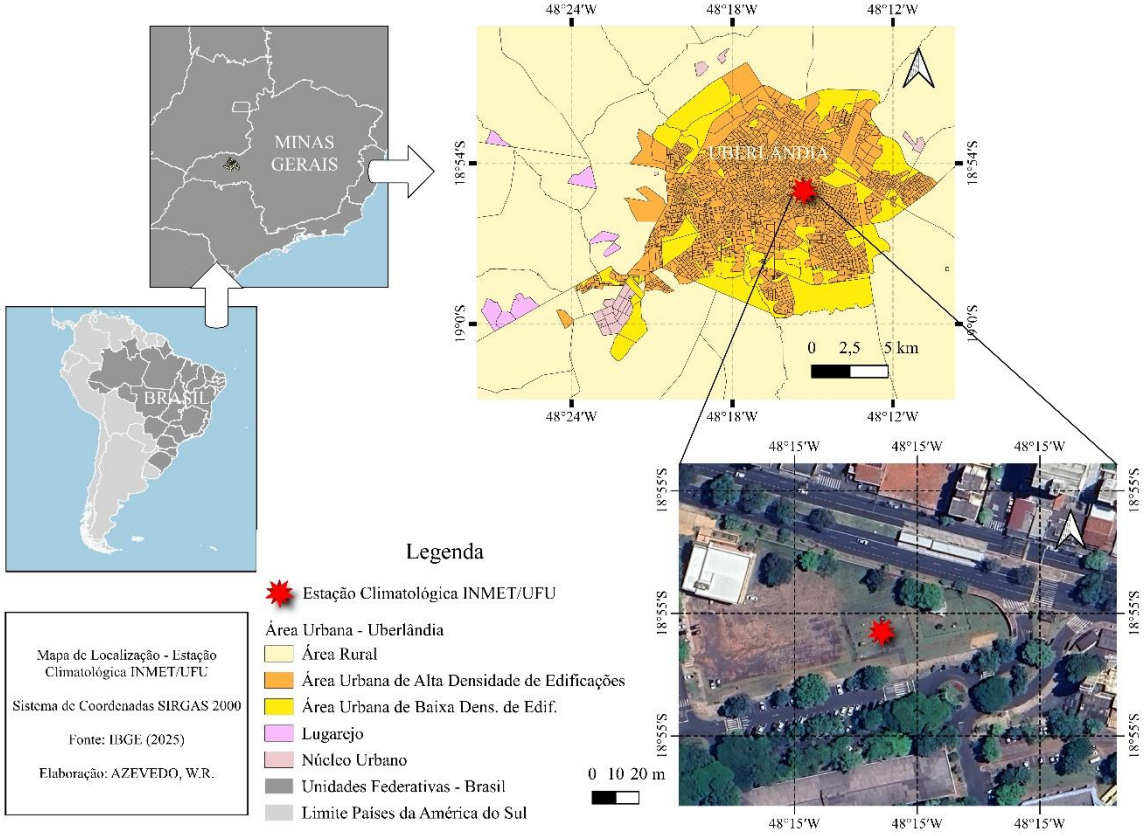
comportamento temporal do ITU mínimo, médio e máximo para o município de Uberlândia – MG, utilizando a metodologia estatística de análise de séries temporais.

Caracterização da área de estudo

O município de Uberlândia – MG está localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. De acordo com o IBGE Cidades (2025), a população estimada do município em 2024 era de 754.954 pessoas, com densidade demográfica de aproximadamente 173 habitantes por quilômetro quadrado, ocupando a segunda posição em população e a quadragésima quinta posição em densidade demográfica no estado.

Os dados de temperatura e de umidade relativa do ar, utilizados para o cálculo do índice térmico deste trabalho, foram obtidos da estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na cidade, conforme apresentado na Figura 1, instalada no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia e fisicamente representada na Figura 2, cujas características geográficas são: latitude 18,931944° S, longitude 48,251389° W e altitude de 875 metros.

Figura 1 – Localização da Estação Climatológica, INMET/UFU – Santa Mônica



Fonte: Azevedo; Guimarães, 2025

Ainda de acordo com o IBGE Cidades (2025), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) da cidade é de 0,789, sendo classificado como alto desenvolvimento humano; a área urbanizada é de 172,8 km², de um total de área da unidade territorial de aproximadamente 4.115 km², o que representa cerca de 4% da área total. O município é considerado ainda um forte polo do agronegócio e apresenta destaque também na área de distribuição atacadista e nos setores de comércio, serviços de call center e telecomunicações, de acordo com Cleps (2005).

Na classificação climática desenvolvida por Köppen em 1918, segundo Saroha (2024), o município se enquadra no tipo Aw, ou seja, apresenta estações secas e chuvosas bem definidas, podendo ser influenciado pelas massas de ar continental (equatorial e tropical) e atlântica (polar e tropical). Os deslocamentos dessas massas de ar são responsáveis pelas variações sazonais entre as estações úmidas e secas (CARRIJO; BACCARO, 2000; PRADO *et al.*, 2016). Além dessas características climáticas, outros fatores podem impactar diretamente as mudanças climáticas na região, como os eventos de ondas de calor, que, de acordo com estudos da World Weather Attribution (2023), influenciam alterações atípicas nas estações. (AGHAMOLAEI; AMINZADEH; O'DONNELL, 2022)

Figura 2 – Estação Climatológica do INMET no Campus UFU – Santa Mônica



Fonte: os autores (2025)

CC BY

Metodologia

Na primeira etapa do trabalho, as informações horárias de temperatura e umidade relativa do ar, da estação climatológica de Uberlândia, foram extraídas do site do INMET (INMET, 2024), no período de 1° de janeiro de 2006 a 31 de dezembro 2024. O período supracitado foi selecionado em função da estabilidade e consistência das informações, ou seja, apresentava menor número de falhas de registros em relação a períodos anteriores. Esses dados foram organizados em planilhas eletrônicas para, posteriormente ser calculado o índice de conforto térmico. Para o cálculo do índice térmico foi adotado, neste estudo, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), utilizando a fórmula de cálculo apresentada em França *et al.* (2015), eq. (1):

$$ITU=0,8*Ta+((UR*Ta)/500) \quad (1)$$

em que Ta é a Temperatura do ar (°C), e UR a Umidade Relativa do ar em (%).

Após a obtenção do ITU horário para toda a série, foram selecionados os valores mínimos (ITUmín.), médios (ITUmed.) e máximos (ITUmáx.), para cada mês dentro de cada ano, formando, assim, as séries temporais às quais foram aplicadas as análises temporais. Cabe ressaltar que, para o ajuste dos modelos de séries temporais, foram utilizados os dados de janeiro de 2006 a dezembro de 2023, e os dados de janeiro de 2024 a dezembro de 2024 foram utilizados para verificação da qualidade do ajuste.

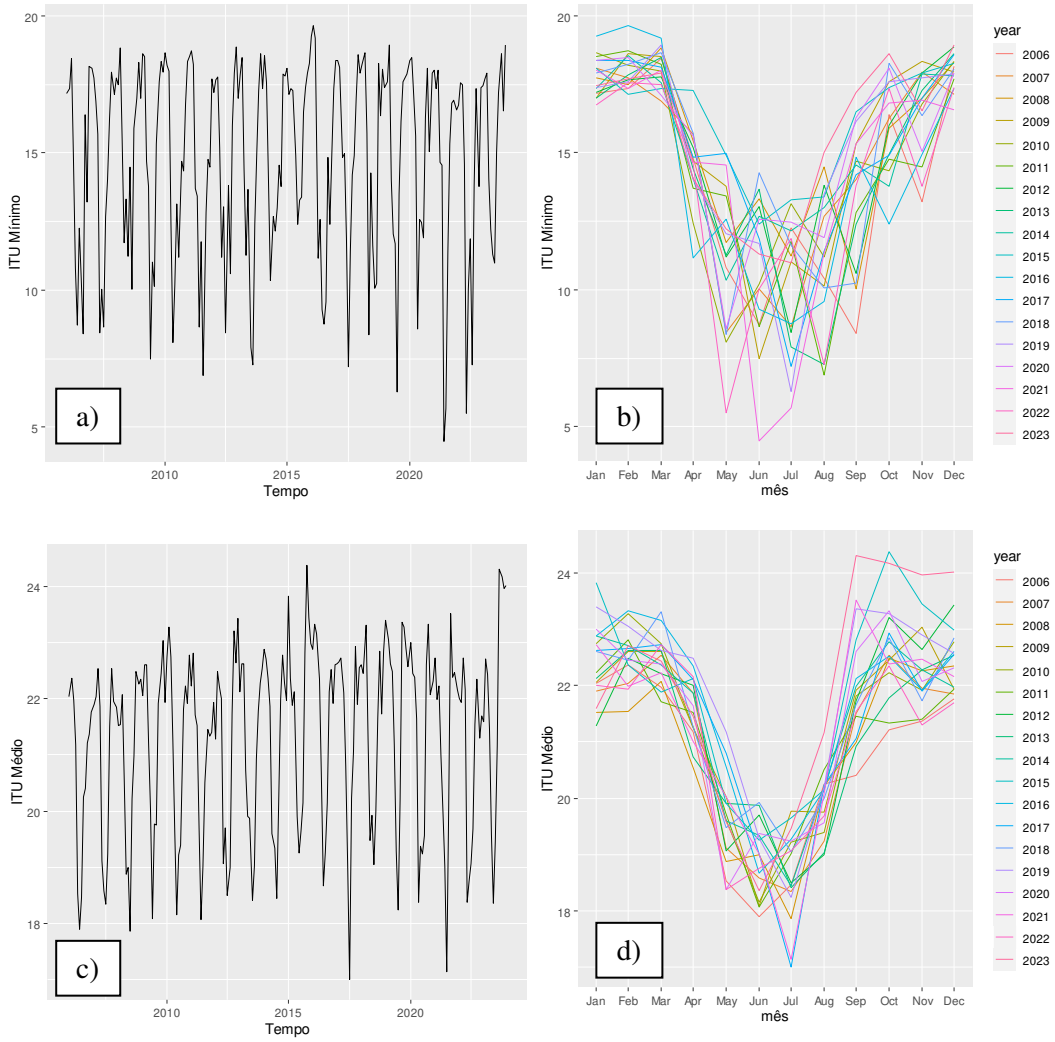
O procedimento geral da análise estatística dos dados consistiu em: análise gráfica das séries para identificação exploratória das componentes sazonal e de tendência; aplicação do teste não paramétrico de Friedman, com pós-teste de Dunn, para verificar a significância estatística das componentes de sazonalidade (meses) e de tendência (anos); análise das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial para definição dos parâmetros dos modelos; ajuste de modelos do tipo SARIMA às séries de ITUmín., ITUmed. e ITUmáx., selecionando-se o melhor modelo com base no menor valor do critério de informação de Akaike corrigido (AICc); análise dos resíduos do modelo ajustado, visando verificar aleatoriedade, normalidade, média zero e variância constante; estimativas do ITU para o ano de 2024, com intervalos de confiança de 95%; e avaliação da qualidade do ajuste por meio da comparação entre valores observados e estimados, validação cruzada por regressão linear e cálculo do erro absoluto percentual médio (MAPE). Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa computacional de código aberto R (R Core Team, 2024), sendo que, na análise de séries temporais, utilizou-se o pacote forecast (Hyndman *et al.*, 2024).

Resultados e Discussão

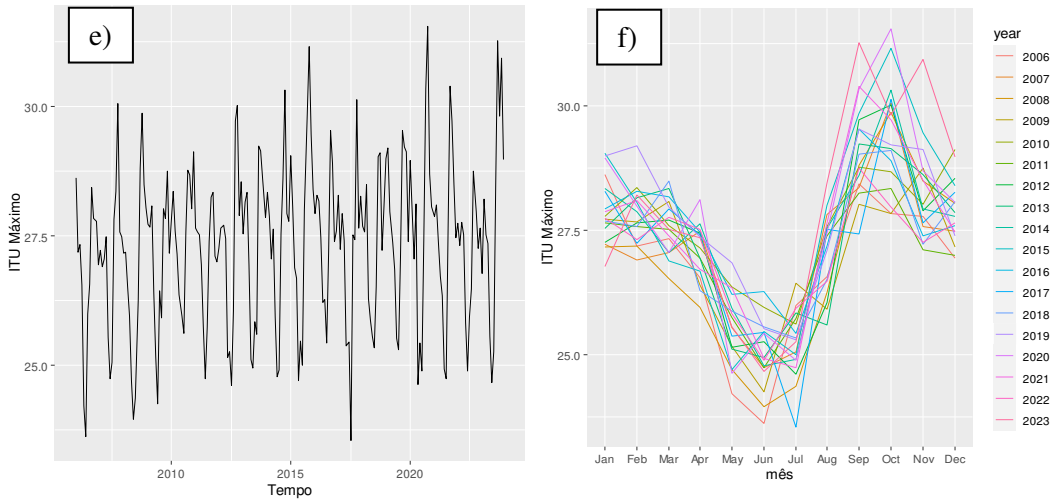
CC BY

Na Figura 3, são apresentados os comportamentos temporais do ITUmín. (Figura 3a), do ITUmed. (Figura 3c) e do ITUmáx. (Figura 3e), com os respectivos comportamentos mensais de cada ano da série (Figuras 3b, 3d e 3f).

Figura 3 - Representação gráfica da série temporal de: ITU mínimo (3a e 3b); ITU médio (3c e 3d); ITU máximo (3e e 3f), em Uberlândia – MG, no período de 2006 a 2023



CC BY



Fonte: os autores (2024)

As Figuras 3a e 3b, que descreveram o comportamento temporal do ITUmín., indicaram a presença da componente sazonal na série; entretanto, não mostraram evidências da componente de tendência. Na Figura 3b, nota-se que os menores valores de ITUmín. ocorreram, anualmente, entre os meses de abril e agosto, que são os meses com as menores temperaturas na região. Cabe ressaltar ainda que essas figuras revelaram que, para o caso do ITUmín., não ocorreram ultrapassagens do limite do valor de referência do ITU para o desconforto térmico (ITU > 24, conforme indicado em França *et al.* (2015)). Os valores mínimos do ITUmín. ficaram em torno de 5 (condições também consideradas de desconforto por frio), e os valores máximos próximos de 20. Para o ITUmed. (Figuras 3c e 3d), percebeu-se a presença da componente sazonal e, a princípio, a ausência da componente de tendência. Os maiores valores horários de ITUmed. tenderam a ocorrer nos meses de setembro a dezembro e, nesse caso, já se perceberam algumas ultrapassagens do valor-limite de 24, que caracteriza a transição entre as zonas de conforto e de desconforto térmico para os seres humanos.

O comportamento do ITUmáx., representado nas Figuras 3e e 3f, sugeriram tanto a presença da componente sazonal, com picos recorrentes na série, quanto a presença de tendência, indicando, de modo geral, um leve aumento da média do ITUmáx. entre 2006 e 2023. Notou-se também que ocorreram várias ultrapassagens do limite de 24, praticamente em todos os meses de todos os anos. Esse fato revelou que, para o município de Uberlândia – MG, é comum haver períodos horários em que ocorrem a extrapolação da zona termoneutra para os seres humanos, onde os maiores picos de ITUmáx. deram-se entre os meses de agosto e novembro. Esses meses, na região, são caracterizados por temperaturas do ar elevadas e, geralmente, associadas a baixas umidades relativas, condição que potencializa a ultrapassagem do limite da zona termoneutra.

CC BY

Os testes de Friedman aplicados ao ITUmín. (p-valor = 0,154), ITUmed. (p-valor = 0,00001) e ITUmáx. (p-valor = 0,0018) mostraram que, para o ITUmín., não existe tendência nos dados; ou seja, observou-se que, ao longo dos anos, não houve variação significativa desse índice. Já para o ITUmed. e o ITUmáx., ocorreram variações significativas ao longo dos anos. Esses resultados confirmaram as observações realizadas por meio da Figura 3. A utilização do teste de Friedman com comportamento semelhante foi aplicada em outros trabalhos para validação de hipóteses, como em Ferrari e Camargo (2023), Ferreira *et al.* (2017), Mendes (2014), Oliveira *et al.* (2023) e Grzeca (2019), em estudos relacionados a aspectos fisiológicos humanos, conforto térmico orientado a animais e variáveis climatológicas em cidades.

O pós-teste (teste de Dunn), aplicado aos postos médios dos anos, é apresentado na Tabela 1, com os valores médios anuais e as letras provenientes do teste aplicado. Para o ITUmín., observou-se a mesma letra (a) para todos os anos, indicando a não ocorrência de aumentos ou decréscimos dos valores na série analisada. Já para o ITUmed., percebeu-se, pelo teste de Dunn, que ocorreram variações significativas ao longo dos anos. Notou-se aumento nos valores de ITUmed., com os maiores valores ocorrendo, em geral, a partir de 2014; ou seja, existiu uma tendência crescente na série analisada. Para o ITUmáx., a tendência de aumento dos valores ao longo do tempo também se torna clara com a aplicação do teste de Dunn e, nesse caso, os grupos formados com os maiores valores anuais de ITUmáx. ocorreram a partir de 2010 (valores associados à letra a).

O teste de Dunn, como método post hoc, pode ser empregado, de acordo com Howell (2013), para indicar grupos com diferenças significativas entre si, a partir da detecção dessas diferenças pelo teste de Friedman. Faria, Moura, Souza e Matarazzo (2008), Barbosa (2023) e Ferreira e Marins (2019) são alguns dos autores que aplicaram essa metodologia em seus artigos com o objetivo de evidenciar diferenças entre os tratamentos analisados.

A formação dos grupos destacados no presente artigo evidenciou que, ao longo do tempo, têm ocorrido períodos horários com valores de ITU cada vez mais elevados no município, o que pode interferir na qualidade de vida da população.

Tabela 1 – Médias de ITU Mínimo, ITU Médio e ITU Máximo e teste de Dunn para postos médios dessas variáveis, na cidade de Uberlândia – MG, no período de 2006 a 2023

Ano	ITU Mínimo*	ITU Médio*	ITU Máximo*
2006	13,85 a	20,62 g	26,75 de
2007	14,46 a	20,95 efg	27,10 bcde
2008	15,13 a	20,81 fg	26,77 e
2009	15,03 a	21,29 bcdef	26,95 cde
2010	14,51 a	21,26 bcde	27,58 a
2011	14,14 a	20,97 cdefg	26,99 cde

CC BY

2012	14,81 a	21,27 bcdef	27,27 abcde
2013	14,26 a	21,07 cdef	27,27 abcs
2014	14,99 a	21,37 abc	27,38 abcs
2015	16,17 a	21,90 ab	27,72 a
2016	14,08 a	21,63 ab	27,52a
2017	14,99 a	21,30 abc	27,18 abcd
2018	14,82 a	21,43 abcd	27,22 abcd
2019	15,07 a	21,88 a	27,79a
2020	15,20 a	21,37 abcd	27,76 ab
2021	14,15 a	21,23 cdef	27,48 abc
2022	13,62 a	20,97 defg	27,09 abcde
2023	15,67 a	21,94 b	27,89 a

Fonte: os autores (2024)
Nota:* Anos seguidos por letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Dunn, com 5% de significância

Na avaliação da sazonalidade, o teste de Friedman foi significativo para ITUmín., ITUmed. e ITUmáx. (p-valor < 0,0001). O pós-teste de Dunn (Tabela 2) indicou que, para o ITUmín., os maiores valores ocorrem nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro, embora permaneçam abaixo do limite de desconforto térmico (ITU > 24). Para o ITUmed., os maiores valores concentram-se nos meses de verão e no período de transição da primavera para o verão, com ultrapassagens isoladas do limite da zona termoneutra. Já para o ITUmáx., observaram-se ultrapassagens do valor-limite de 24 em todos os meses do ano, com maiores valores nos meses de setembro e outubro e menores médias entre maio e julho, associados, respectivamente, a temperaturas máximas elevadas e a condições climáticas mais amenas na região de Uberlândia.

Tabela 2 - Médias de ITU Mínimo, ITU Médio e ITU Máximo e teste de Dunn para postos médios dessas variáveis, na cidade de Uberlândia – MG, nos meses de janeiro a dezembro

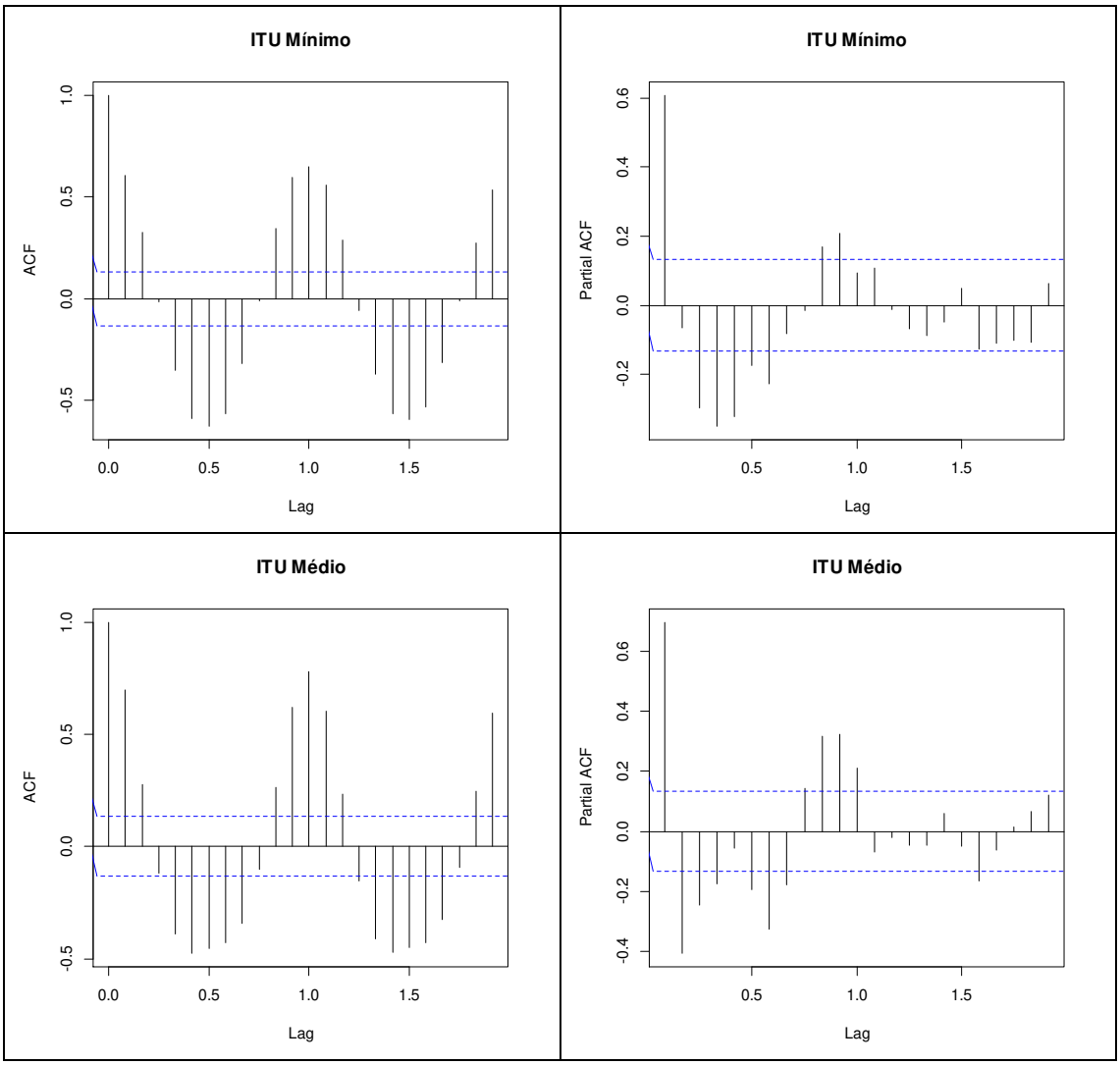
Mês	*ITU Mínimo	*ITU Médio	*ITU Máximo
Janeiro	17,79 a	22,41 ab	27,92 bc
Fevereiro	18,02 a	22,52 ab	27,80 c
Março	18,08 a	22,47 ab	27,57 c
Abril	14,58 c	21,60 e	27,07 d
Maio	11,27 d	19,59 fg	25,51 e
Junho	10,88 d	18,90 gh	25.02 e
Julho	10,27 d	18,67 h	25,21 e
Agosto	11,30 d	19,93 f	27,05 d
Setembro	13,74 c	21,98 d	29,12 a
Outubro	16,19 b	22,68 a	29,42 a
Novembro	16,51 b	22,27 cd	28,24 b
Dezembro	17,99 a	22,46 bc	27,87 bc

Fonte: os autores (2024)
Nota: *Meses seguidos por letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Dunn, com 5% de significância

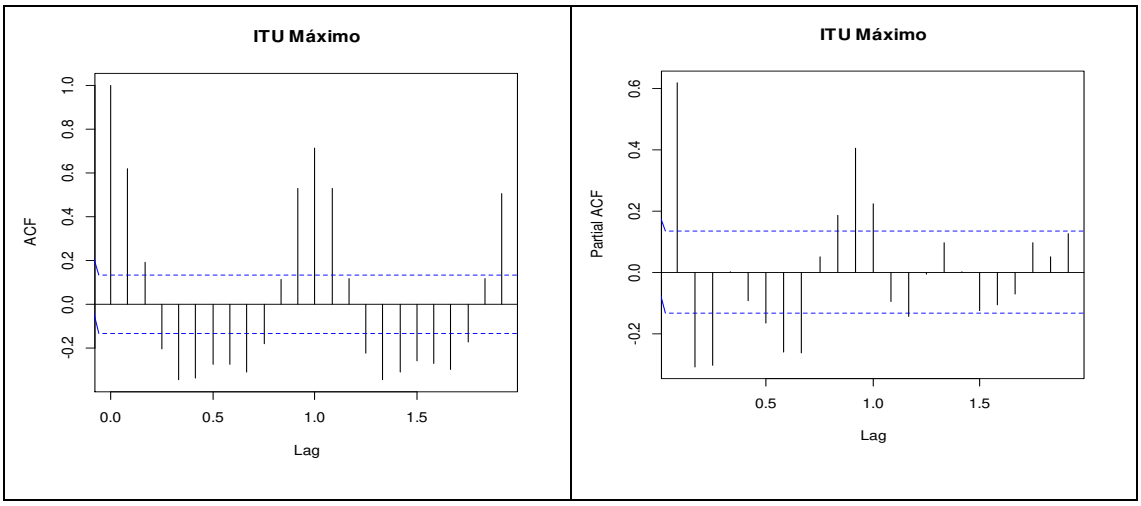
CC BY

As funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial dos dados de ITU mínimo, médio e máximo (Figura 4), que são medidas da regularidade de uma função, de acordo com Souza (2018), apresentaram decaimentos lentos, demonstrando que existiu relação entre os dados da série ao longo do tempo. Ao mesmo tempo, os valores oscilaram em torno de zero e são estatisticamente significativos, uma vez que a maioria dos coeficientes extrapolou a linha do intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Nota-se, tanto nas funções de autocorrelação quanto nas de autocorrelação parcial, a presença de ciclicidade — caracterizada pela alternância de conjuntos de valores positivos seguidos de conjuntos de valores negativos —, confirmando a existência da componente sazonal em todas as séries analisadas.

Figura 4 - Gráficos da função de autocorrelação e autocorrelação parcial para as séries temporais de ITU Mínimo, ITU Médio e ITU Máximo, na cidade de Uberlândia – MG, no período de janeiro de 2006 a dezembro de 2023



CC BY



Fonte: os autores (2024)

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas dos parâmetros dos três modelos do tipo SARIMA ajustados às séries, por meio do programa computacional R. Esses modelos explicaram o comportamento temporal das séries dos índices de temperatura e umidade e são utilizados para a realização de estimativas do ITU em períodos futuros.

O ITU mínimo foi ajustado ao modelo SARIMA $(0,0,0)\ (1,1,1)_{12}$, indicando a presença de componentes autorregressivas sazonais de ordem 1 e de médias móveis sazonais, também de ordem 1. Dessa forma, verificou-se que o ITU mínimo é fortemente influenciado por padrões sazonais que ocorreram em curto prazo, os quais podem estar associados a diversos fatores, incluindo a atuação de frentes frias, quando estas ocorrem, conforme descrito por Seluchi, Beu e Andrade (2017). Para o ITU médio, foi ajustado o modelo SARIMA $(1,0,1)\ (1,1,2)_{12}$, com a inclusão de um termo de deriva, que representa a tendência identificada pelo teste de Friedman. O coeficiente autorregressivo de ordem 1 indicou a dependência dos valores atuais em relação aos valores anteriores, com flutuações periódicas na média do ITU.

O ITU máximo, ajustado ao modelo SARIMA $(2,0,2)\ (2,1,2)_{12}$, também apresentou a presença de deriva, representando a tendência crescente geral observada nos dados da série. Os dois termos autorregressivos e de médias móveis, tanto sazonais quanto não sazonais, além do termo de deriva, sugeriram a ocorrência de picos do índice térmico que ultrapassam os limites normais de conforto ao longo do ano (entre os meses) e entre diferentes anos.

Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros dos modelos do tipo *SARIMA* ajustados às séries temporais de ITU Mínimo, ITU Médio e ITU Máximo, para o município de Uberlândia- MG, no período de 2006 a 2023

ITU Mínimo - *SARIMA* (0,0,0) (1,1,1) [12]	
*Sar1**	*Sma1**
-0,2163	-0,8470

ITU Médio - *SARIMA* (1,0,1) (1,1,2) [12] *with drift*					
*ar1**	*ma1**	*sar1**	*sma1**	*sma2**	*Drift**
0,8636	-0,6535	-7186	-0,2504	-0,5231	0,004

ITU Máximo - *SARIMA* (2,0,2) (2,1,2) [12] *with drift*								
*ar1**	*ar2**	*ma1**	*ma2**	*sar1**	*sar2**	*sma1**	*sma2**	*Drift**
0,8775	-0,4868	-0,7750	0,6297	-0,0083	-0,1350	-0,9438	0,1253	0,0035

Fonte: os autores (2024)
Nota: *significado das siglas.[3]

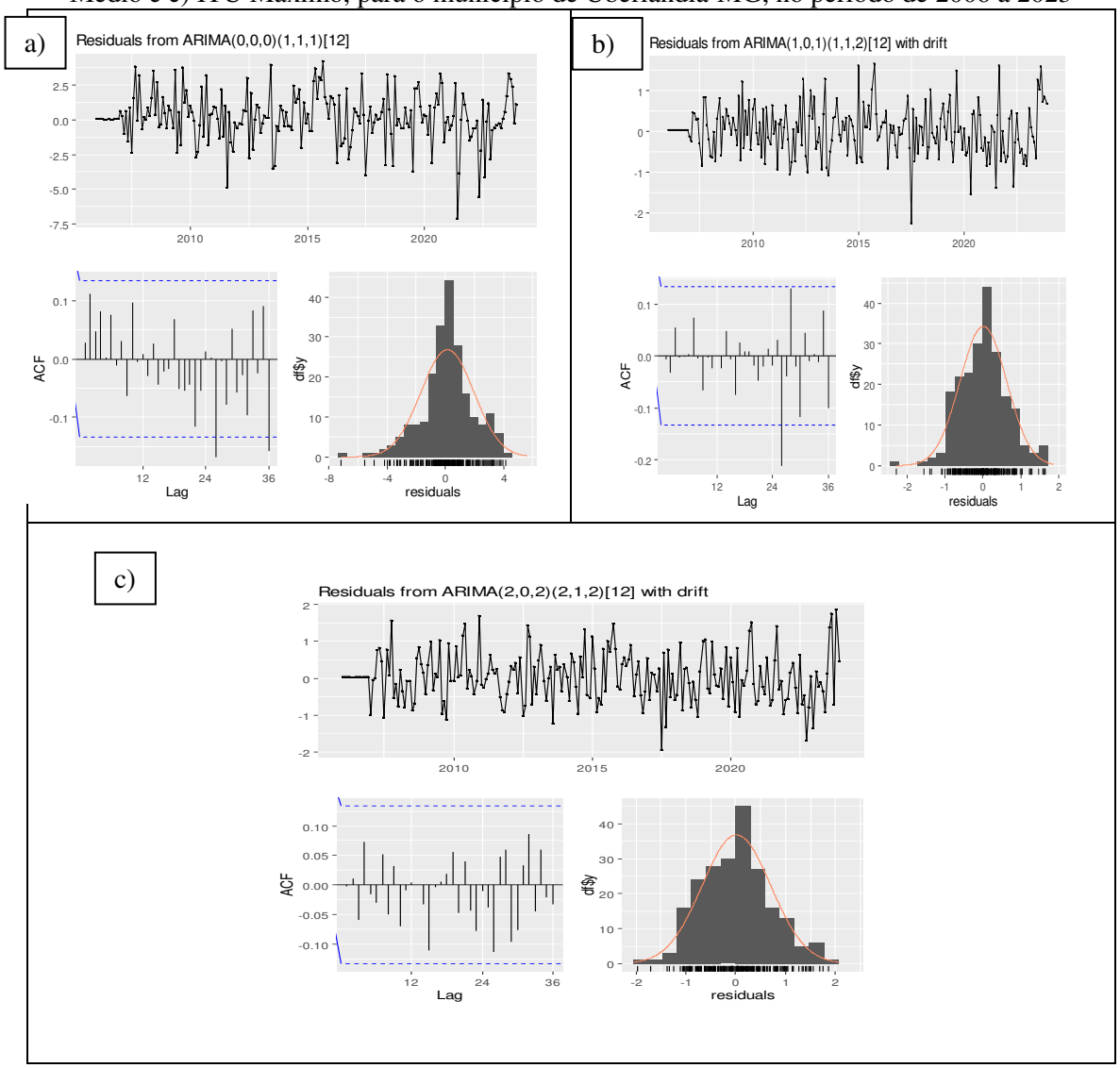
Os resultados dos modelos ajustados indicaram que a modelagem de séries temporais de ITU pode ser uma ferramenta útil para descrever, compreender e prever o comportamento dos índices térmicos na cidade de Uberlândia – MG, além de subsidiar a definição de ações e alertas que contribuam para a melhoria da qualidade de vida da população. Essa modelagem torna-se ainda mais relevante no caso do ITU máximo, uma vez que este apresentou diversas ultrapassagens horárias do limite de conforto térmico em todos os meses do ano.

Na análise dos resíduos (Figura 5), é possível observar que a oscilação dos valores sugeriu que o modelo capturou adequadamente as dinâmicas da série temporal. O histograma indica que os resíduos seguem uma distribuição com tendência à normalidade, em consonância com os padrões observados por Cardoso *et al.* (2023), p. 135, que ressaltaram, "a importância da normalidade dos resíduos para a obtenção de maior confiabilidade nas inferências do modelo". Ademais, os valores de autocorrelação encontraram-se, em sua maioria, dentro das bandas de confiança, o que indicou a ausência de padrões não explicados pelo modelo.

[3] ar1 = Termo autorregressivo não sazonal de primeira ordem; ar2 = Termo autorregressivo não sazonal de segunda ordem; ma1 = Termo de média móvel não sazonal de primeira ordem; ma2 = Termo de média móvel não sazonal de segunda ordem; sar1 = Termo autorregressivo sazonal de primeira ordem; sar2 = Termo autorregressivo sazonal de segunda ordem; sma1 = Termo de média móvel sazonal de primeira ordem; sma2 = Termo de média móvel sazonal de segunda ordem; *Drift* = Tendência (deslocamento) do modelo.

CC BY

Figura 5 - Análise de resíduos dos modelos SARIMA ajustados aos dados de a) ITU mínimo, b) ITU Médio e c) ITU Máximo, para o município de Uberlândia-MG, no período de 2006 a 2023



Fonte: os autores (2024)

As previsões, com os respectivos intervalos de confiança de 95%, do ITU mínimo, médio e máximo para o ano de 2024, em Uberlândia – MG, são apresentadas na Tabela 4. Observou-se que as previsões seguiram o padrão identificado na série de dados observados, com valores mais elevados de ITU nos meses de dezembro a março (verão) e valores mais baixos entre maio e julho (inverno).

Tabela 4 – Previsões associadas aos intervalos de confiança de 95%, utilizando os modelos *SARIMA*, para o ITU Mínimo, ITU Médio e ITU Máximo, nos meses de 2024, no município de Uberlândia – MG

Mês	ITU Mínimo		ITU Médio		ITU Máximo	
	Estimativa	IC95%	Estimativa	IC95%	Estimativa	IC95%
Jan	17,81	14,12 – 21,49	23,52	22,26 – 24,77	28,77	27,35 – 30,19
Fev	18,00	14,32 – 21,68	23,36	22,07 – 24,64	28,46	27,04 – 29,88

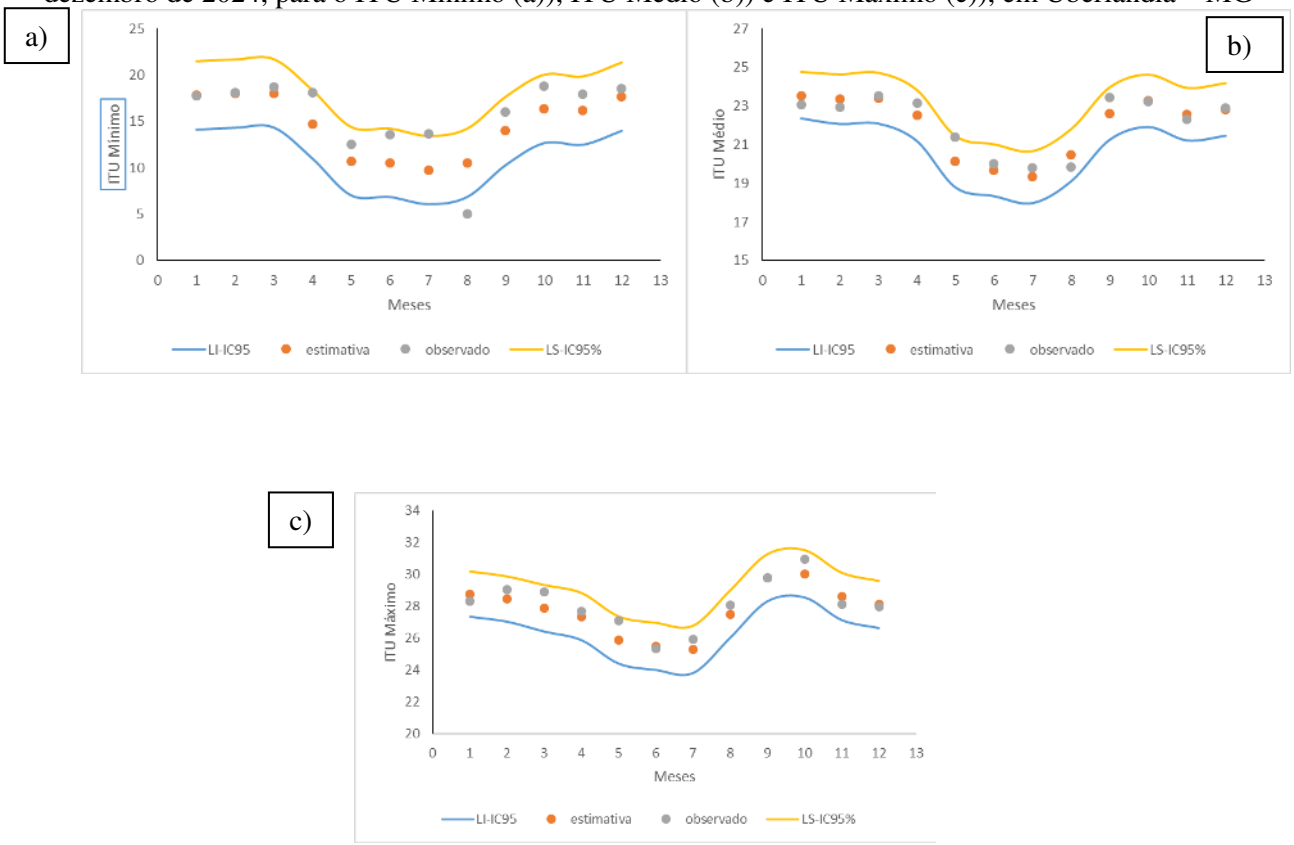
CC BY

Mar	18,03	14,35 – 21,72	23,40	22,09 – 24,71	27,88	26,42 – 39,34
Abr	14,70	11,01 – 18,38	22,51	21,19 – 23,83	27,36	25,88 – 28,84
Mai	10,72	7,04 – 14,41	20,12	18,79 – 21,45	25,89	24,41 – 27,37
Jun	10,55	6,87 – 14,24	19,68	18,34 – 21,02	25,49	24,01 – 26,97
Jul	9,77	6,09 – 13,45	19,33	17,98 – 20,67	25,30	23,82 – 26,79
Ago	10,54	6,86 – 14,22	20,46	19,11 – 21,81	27,52	26,04 – 29,01
Set	13,99	10,30 – 17,67	22,61	21,26 – 23,97	29,80	28,32 – 31,28
Out	16,37	12,68 – 20,05	23,26	21,91 – 24,62	30,05	28,56 – 31,53
Nov	16,19	12,50 – 19,87	22,58	21,22 – 23,94	28,63	27,14 – 30,11
Dez	17,67	13,99 – 21,36	22,82	21,46 – 24,18	28,12	26,64 – 29,60

Fonte: os autores (2024)

Na Figura 6 são apresentadas as estimativas de ITU realizadas pelos modelos SARIMA para o ano de 2024, bem como os respectivos intervalos de confiança de 95% e os valores reais observados nesse mesmo ano. Esse tipo de análise também foi utilizado por Espinosa, Prado e Ghellere (2010) para validar a adequação do modelo ajustado na estimação (previsão) de séries temporais.

Figura 6 – Estimativas feitas pelos modelos SARIMA e valores observados, nos meses de janeiro a dezembro de 2024, para o ITU Mínimo (a)), ITU Médio (b)) e ITU Máximo (c)), em Uberlândia – MG



Fonte: os autores (2024)

CC BY

A Figura 6 indica, de modo geral, uma boa aderência entre as estimativas realizadas pelos modelos ajustados e os valores reais de ITU calculados para o ano de 2024, com base nas temperaturas do ar e nas umidades relativas disponibilizadas pelo INMET. Observou-se que, em todos os casos (mínimo, médio e máximo), ocorreu uma tendência dos modelos em subestimar os valores reais de ITU; entretanto, de forma geral, as discrepâncias entre os valores observados e estimados são relativamente pequenas. A maior discrepância entre os valores observado e estimado ocorreu para o ITU mínimo no mês de agosto de 2024. As análises de regressão linear entre os valores observados e estimados (validação cruzada), referentes ao ano de 2024, resultaram nas estimativas dos parâmetros e nos coeficientes de determinação apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Estimativas do coeficiente linear (a), do coeficiente angular (b) e do coeficiente de terminação (R^2), do modelo de regressão linear entre valores observados e estimados de ITU, para o ano de 2024, em Uberlândia – MG

ITU	a	b	R^2
Mínimo	4,3	0,65	0,6308
Médio	-0,27	1,01	0,8696
Máximo	1,25	0,94	0,8631

Fonte: os autores (2024)

Os valores apresentados na Tabela 5 corroboram as observações feitas na Figura 3, indicando uma boa aderência entre os dados observados e os estimados, com a menor aderência observada para o ITU mínimo (R^2 = 0,6308), o que pode estar associado à maior discrepância identificada nessa série.

Os coeficientes angulares (b) próximos de 1 estão de acordo com os preceitos da validação cruzada, na qual, caso não houvesse erros de estimativa, esse coeficiente deveria ser igual à unidade. Além disso, os coeficientes lineares (a), que na validação cruzada deveriam ser estatisticamente iguais a zero, apresentaram valores positivos para o ITU mínimo e o ITU máximo, o que indica, nesses casos, uma tendência de subestimação dos modelos em relação aos valores reais. Os erros percentuais absolutos médios (*Mean Absolute Percentage Error* – MAPE), considerados eficazes na avaliação da precisão de estimativas, de acordo com Bier e Ferraz (2017), foram, respectivamente, de 19,81%, 2,13% e 1,94% para ITUmín., ITUmed. e ITUmáx. Assim, os modelos ajustados para ITUmed. e ITUmáx. apresentaram ótima precisão das estimativas, enquanto o modelo de ITUmín. apresentou precisão moderada.

CC BY

Com base na análise dos resíduos dos modelos ajustados e na análise comparativa entre os valores observados e estimados para o ano de 2024 — utilizando análise gráfica, validação cruzada (regressão linear entre observados e estimados) e o MAPE — verificou-se que os modelos ajustados foram adequados para descrever o comportamento do ITU no município de Uberlândia e que podem ser utilizados para a realização de estimativas do ITU em períodos futuros.

Os melhores indicadores de qualidade dos modelos foram obtidos para o ITU médio e o ITU máximo, que se mostraram mais relevantes para a avaliação do conforto térmico humano em Uberlândia do que o ITU mínimo, o qual apresentou qualidade de ajuste inferior e não registrou ultrapassagens do limite de desconforto térmico.

A literatura indica que variáveis climáticas como temperatura do ar e umidade relativa do ar apresentam, de modo geral, componentes de sazonalidade e, em alguns casos, de tendência. Como o cálculo do ITU é baseado nessas variáveis, é esperado que esse índice também apresente tais componentes. Estudos anteriores confirmam esse comportamento tanto para séries meteorológicas quanto para índices de conforto térmico, com identificação de sazonalidades, tendências e aumento da frequência de condições de desconforto térmico em diferentes regiões do Brasil (ALMEIDA, 2017; FRANÇA *et al.*, 2015; MATIAS E COSTA, 2012; OLIVEIRA, 2018; SILVA, GUIMARÃES E TAVARES, 2008; XAVIER *et al.*, 2021). Assim, os resultados encontrados neste estudo corroboram a literatura, indicando que as séries temporais de ITU para o município de Uberlândia apresentam variações sazonais e tendência de aumento ao longo do tempo, fatores que podem interferir diretamente na qualidade de vida da população, especialmente diante do aumento recente da frequência e intensidade de ondas de calor na região.

Considerações finais

Os índices de conforto térmico são ferramentas úteis para caracterizar o grau de conforto e/ou desconforto térmico de seres vivos. O ITU, por ser um índice de fácil cálculo e interpretação, pode ser utilizado para demonstrar o comportamento temporal da sensação térmica no município de Uberlândia – MG.

As análises estatísticas dos dados indicaram que as séries de ITU médio e ITU máximo apresentaram componentes de sazonalidade e de tendência. Dessa forma, essas séries mostraram que existem períodos do ano com valores mais elevados de ITU (de novembro a março) e períodos com valores relativamente mais baixos (de junho a agosto). Além disso,

CC BY

observou-se que, com o passar dos anos, os valores médios de ITU no município têm aumentado. Cabe ressaltar que, especialmente para o ITU máximo, ocorreram ultrapassagens do limite superior da zona termoneutra em todos os meses do ano. O ITU mínimo, por sua vez, não apresentou tendência e, portanto, seu comportamento pode ser descrito apenas pelas variações sazonais.

Os modelos de séries temporais, de modo geral, mostraram-se eficientes para descrever o comportamento do ITU no município de Uberlândia – MG. Esses modelos apresentaram qualidade de estimativa considerada satisfatória e, portanto, são indicados tanto para a descrição do comportamento geral dos dados quanto para a realização de previsões em cenários futuros.

O conhecimento do comportamento dos índices de conforto térmico na cidade de Uberlândia pode contribuir para a formulação de ações voltadas à minimização dos efeitos do desconforto térmico sobre a qualidade de vida da população, tanto por parte do poder público — por exemplo, por meio de campanhas informativas — quanto por parte da própria população, como a busca por ambientes que apresentem melhores condições de conforto em dias e horários críticos.

Este estudo também apresenta potencial para contribuir com o conhecimento do conforto térmico aplicado à vegetação, ao possibilitar a seleção de espécies mais adaptadas às condições locais, bem como ao conforto térmico animal, auxiliando na escolha de ambientes, raças ou espécies com melhor adaptabilidade às condições climáticas do município.

Referências

ALGECIRAS, J. A. R.; CONSUEGRA, L. G.; MATZARAKIS, A. Spatial-temporal study on the effects of urban street configurations on human thermal comfort in the world heritage city of Camagüey-Cuba. **Building And Environment**, *[S.l.]*, v. 101, p. 85-101, maio 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.02.026. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132316300701. Acesso em: 2 jan. 2025.

AGHAMOLAEI, R.; AZIZI, M. M.; AMINZADEH, B.; O'DONNELL, J. A comprehensive review of outdoor thermal comfort in urban areas: effective parameters and approaches. **Energy & Environment**, *[S.l.]*, v. 34, n. 6, p. 2204-2227, ago. 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.1177/0958305x221116176. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0958305X221116176?icid=int.sj-abstract.citing-articles.9. Acesso em: 3 jan. 2025.

ALLEN, C.; MACALADY, A.; CHENCHOUNI, H.; BACHELET, D.; MCDOWELL, N.; VENNETIER, M.; KITZBERGER, T.; RIGLING, A.; BRESHEARS, D.; HOGG, E. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. **Forest Ecology and Management**, *[S.l.]*, v. 259, n. 4, p. 660-684, fev. 2010.

CC BY

DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811270900615X. Acesso em: 5 jan. 2025.

ALMEIDA, J. M. V. **Monitoramento de índice de conforto térmico humano no Brasil**. 2017. 169 f. Tese (Doutorado) Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. Disponível em: https://dspace.sti.ufcg.edu.br/jspui/handle/riufcg/27629. Acesso em: 9 nov. 2024.

APARICIO-RUIZ, P.; BARBADILLA-MARTÍN, E.; GUADIX, J.; NEVADO, J. Analysis of Variables Affecting Indoor Thermal Comfort in Mediterranean Climates Using Machine Learning. **Buildings**, *[S.l.]*, v. 13, n. 9, p. 2215, ago. 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/buildings13092215. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/13/9/2215. Acesso em: 20 fev. 2024.

AZEVEDO, W. R.; GUIMARÃES, E. C. Comportamento Temporal do Número de Períodos em Desconforto Térmico no Município de Uberlândia – MG. **Brazilian Geographical Journal**, Uberlândia, v. 16, n. 3, p. 78-101, dez. 2025. DOI: http://dx.doi.org/10.14393/bgj-v16n3-a2025-78913. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/78913. Acesso em: 26 jun. 2026.

BARBOSA, N. P. **Estimativa do conforto térmico humano a partir do transecto móvel no município de Humaitá-AM**. 2023. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá (AM), 2023. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9973?mode=full. Acesso em: 5 jan. 2025.

BARBOZA, E. N.; LIMA, B. M. R.; ALENCAR, F. H. H.; ALENCAR, G. S. S. **Análise temporal do regime pluviométrico na cidade de Iguatu - Ceará**. Research, Society and Development, *[S.l.]*, v. 9, n. 7, p. 1-19, abr. 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsdv9i7.3750. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/3750/2867. Acesso em: 31 out. 2024.

BAYER, D. M.; BAYER, F. M. Previsão da Umidade Relativa do Ar de Brasília por Meio do Modelo Beta Autorregressivo de Médias Móveis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, *[S.l.]*, v. 30, n. 3, p. 319-326, set. 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130645. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/gNvWzzCgxNBSXnmcCPZwGGx/?lang=pt. Acesso em: 5 mar. 2025.

BIER, A. A.; FERRAZ, S. E. T. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas em Dados Meteorológicos para Estações no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, *[S.l.]*, v. 32, n. 2, p. 215-226, jun. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863220008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/ZKfYDVtDqXLz8WN9sgNWv7K/abstract/?lang=pt. Acesso em: 5 mar. 2025.

BOGO, A.; PIETROBON, C.; BARBOSA, M. J.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico**. 1. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1994. Disponível em:

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf. Acesso em: 6 mar. 2025.

CARDOSO, F. C.; BERRI, R. A.; LUCCA, G.; BORGES, E. N.; MATTOS, V. L. D. Testes de normalidade: estudo dos resíduos obtidos na modelagem da tendência de uma série temporal. **Exacta**, *[S.l.]*, v. 23, n. 1, p. 134–158, abr. 2023. DOI: 10.5585/2023.22928. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/22928. Acesso em: 24 maio. 2025.

CARRIJO, B. R.; BACCARO, C. A. D. Análise Sobre a Erosão Hídrica na área Urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 70-83, dez. 2000. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15254/8555/57837. Acesso em: 19 nov. 2024.

CLEPS, G. D. G. **Estratégias de reprodução do capital e as novas espacialidades urbanas: o comércio de auto-serviço em Uberlândia (MG)**. 2005. 317 f. Tese (doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2005. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/9de20957-41dc-4b6c-becc-bac512bc9bbf. Acesso em: 24 maio 2025.

ESPINOSA, M. M.; PRADO, S. M.; GHELLERE, M. Uso do modelo SARIMA na previsão do número de focos de calor para os meses de junho a outubro no Estado de Mato Grosso. **Ciência e Natura**, *[S.l.]*, vol. 32, n. 2, pp. 7-21, dez. 2010. Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546358001.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, *[S.l.]*, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, dez. 2008. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782008000900013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/yPHrq3GYfcHN5NKgh6gmGKp/. Acesso em: 23 maio 2025.

FERREIRA, F. G.; MARINS, J. C. B. O nível de condicionamento físico interfere nas respostas psicofisiológicas? **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, *[S.l.]*, v. 41, n. 4, p. 350-358, out. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.rbce.2018.05.007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbce/a/W9cwb9YvkQqknSvDfZnLCLB/. Acesso em: 26 maio 2025.

FERREIRA, H. S.; PAULO, S. R.; PAULO, I. J. C.; SANTOS, A. C. A.; GOMES, R. S. R. Análise de séries temporais da temperatura do ar e umidade relativa em Cuiabá através do método de análise de espectro singular. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, n. 1, p. 191-202, dez. 2016. DOI: https://doi.org/10.5380/abclima.v19i0.44334. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/44334. Acesso em: 19 nov. 2024.

FERREIRA, R. A.; MOURA, R. S.; AMARAL, R. C.; RIBEIRO, B. P. V. B.; OLIVEIRA, R. F.; PIVA, A. E. Estresse agudo por calor em coelhos. **Revista Brasileira de Cunicultura**, Bambuí, v. 1, n. 12, p. 45-56, nov. 2017. Disponível em: http://www.rbc.acbc.org.br/images/Estrese_agudo.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

FERREIRA, W. P. M.; SOUZA, C. F. **Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em sete lagoas, MG: boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Sete Lagoas: Embrapa, 2011. 35 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/917585. Acesso em: 19 nov. 2024.

FERRARI, D.; CAMARGO, S. C. Comportamento de suínos em fase de terminação em diferentes tipos de piso. **Zenodo**, *[S.l.]*, v. 6, n. 13, p. 415-419, jul. 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.8014464. Disponível em: https://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/576. Acesso em: 23 maio 2025.

FRANÇA, M. S.; MAITELLI, G. T.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; FRANÇA, S. M. B.; NOGUEIRA, J. S. Estimativa de índices de conforto térmico na cidade de Cuiabá/MT. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 55, p. 141-151, out. 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.14393/rcg165528833. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/28833. Acesso em: 21 nov. 2024.

GRZECA, L. V. E. **Estudo do comportamento térmico da área urbana no município de Dois Vizinhos - PR**. 2019. 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10874. Acesso em: 21 nov. 2024.

HYNDMAN, R.; ATHANASOPOULOS, G.; BERGMEIR, C.; CACERES, G.; CHHAY, L.; O'HARA-WILD, M.; PETROPOULOS, F.; RAZBASH, S.; WANG, X.; YASMEEN, F. **Forecast: forecasting functions for time series and linear models. Versão 8.23.0, 2024**. Portal: CRAN – The Comprehensive R Archive Network. Disponível em: https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/forecast.pdf. Acesso em: 5 mar. 2025.

HOWELL, David. Multiple comparisons among treatment means. Vermont, 1 fev. 2013. Portal: University of Vermont. Disponível em: https://www.uvm.edu/~statdhtx/methods8/Supplements/OldChapter12.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Uberlândia—MG**. In: Cidades e Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Portal. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/uberlandia.html. Acesso em: 27 jul. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Prognóstico climático primavera 2019**. Brasília: INMET, 2019. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/PROGNOSTICO_CLIMATICO_DE_PRIMAVERA_2019.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

JIANG, Z.; LI, Y.; WU, H.; SHARIFF, A. R. B. M.; ZHOU, H.; FAN, K. Unveiling the impacts of climate change and human activities on land-use evolution in ecologically fragile urbanizing areas: a case study of China's central plains urban agglomeration. **Ecological Indicators**, *[S.l.]*, v. 169, p. 112936, dez. 2024. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112936. Disponível em: linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X24013931. Acesso em: 13 jun. 2025.

CC BY

MANDÚ, T. B.; GOMES, A. C. S. Identificação de Tendências no Conforto Térmico na Região Norte do Brasil: estudo de caso em Manaus-Am. **Revista Geonorte**, *[S.l.]*, v. 10, n. 34, p. 63-81, jul. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.21170/geonorte.2019.v.10.n.34.63.81. Disponível em: https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/download/5191/4562/15774. Acesso em: 28 maio 2025.

MATIAS, V. R.; COSTA, J. M. Análise climática em belo horizonte pela variação do conforto a partir de uma série temporal. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 8, n. 14, p. 15-29, jun. 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.14393/hygeia817092. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/17092#:~:text=Os%20resultados%20mostraram%20que%20na,resposta%20ao%20conforto%20mais%20negativa. Acesso em: 28 maio 2025.

MCGRANAHAN, G.; BALK, D.; ANDERSON, B. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. **Environment And Urbanization**, *[S.l.]*, v. 19, n. 1, p. 17-37, abr. 2007. DOI: http://dx.doi.org/10.1177/0956247807076960. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0956247807076960. Acesso em: 19 jun. 2025.

MENDES, A. M. P. **Índice de Conforto Térmico e Zoneamento Bioclimático para Ovinos da Raça Dorper no Estado de Pernambuco**. 2014. 161 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: http://ww2.ppgz.ufrpe.br/sites/ww4.ppgz.ufrpe.br/files/documentos/aline_medeiros_de_paula_mendes.compressed.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

MORETTIN, P.; TOLOI, C. **Análise de Séries Temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006.

NOVAIS, J. W. Z.; MARQUES, A. C. A.; SIQUEIRA, A. Y.; REIS, N. M. S.; PEREIRA, S. P.; JOAQUIM, T. D.; ZANGESKI, D. S. O. Índice de Temperatura e Umidade (ITU) Visando o Conforto Térmico para o Parque Mãe Bonifácia, Cuiabá-MT. **Ensaios e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, *[S.l.]*, v. 22, n. 2, p. 69, jul. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2018v22n2p69-75. Disponível em: https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/5261. Acesso em: 28 maio 2025.

OLIVEIRA, L. S.; SOTSEK, N. C.; MACHADO, E. L.; MARQUES, M. A. M.; ALCÂNTARA, M. M. A.; SANTOS, A. P. L. Avaliação de desempenho de edificação habitacional: uma comparação do conforto térmico em três sistemas construtivos. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, *[S.l.]*, v. 12, n. 3, p. 859, 4 out. 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.3895/rbpd.v12n3.16090. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd/article/view/16090. Acesso em: 28 maio 2025

OLIVEIRA, L. R. **Variabilidade espaço-temporal do conforto térmico humano para o Estado de Minas Gerais, Brasil**. 2018. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Automação) – Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/31389?mode=full. Acesso em: 3 abr. 2025.

CC BY

PALLUBINSKY, H.; SCHELLEN, L.; LICHTENBELT, W.D. van Marken. Exploring the human thermoneutral zone – A dynamic approach. **Journal Of Thermal Biology**, *[S.l.]*, v. 79, p. 199-208, jan. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456518303164. Acesso em: 14 fev. 2024.

PRADO, B. Q. M.; FERNANDES, H. R.; ARAÚJO, T. G.; LAIA, G. A.; BIASE, N. G. Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, *[S.l.]*, v. 21, n. 2, p. 407-413, jun. 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016147040. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/. Acesso em: 4 abr. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA (PMU). **Uberlândia é a cidade do interior do Brasil com maior crescimento do PIB da Indústria. Uberlândia, 2024**. Portal. Disponível em: https://www.uberlandia.mg.gov.br/2024/01/23/uberlandia-e-a-cidade-do-interior-e-regiao-metropolitana-de-grande-porte-do-brasil-com-maior-crescimento-do-pib-da-industria/. Acesso em: 21 nov. 2024.

R CORE TEAM (R). **A language and environment for statistical computing**. Vienna, 2024. Portal Foundation for Statistical Computing. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: 5 mar. 2025.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. **Ambiente Construído**, *[S.l.]*, v. 12, n. 1, p. 41-59, mar. 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212012000100004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/NqKFbgQFSwQz85BNMMtQB5N/. Acesso em 18 nov. 2024.

SAROHA, J. **Climatic classification of Koppen**. Unit 13. In: INDIRA GANDHI NATIONAL OPEN UNIVERSITY. Climatology (MGG-005). New Delhi: IGNOU, 2024. Disponível em: https://egyankosh.ac.in/handle/123456789/103167. Acesso em: 27 jul. 2025.

SELUCHI, M.; BEU, C.; ANDRADE, K. Características das Frentes Frias Causadoras de Chuvas Intensas no Leste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, *[S.l.]*, v. 32, n. 1, p. 25-37, mar. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-778632120150095. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/FLh7tJ5Hr4QzLJCHwDLcSYn/. Acesso em: 19 nov. 2024.

SILVA, M.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 480–485, out. 2008. Disponível em: http://www.agriambi.com.br. Acesso em: 27 jul. 2025.

SCHLATTER, T. W. Temperature-humidity index. **Encyclopedia of Earth Science**, *[S.l.]*, p. 837-838, fev. 1987. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/0-387-30749-4_176. Disponível em: https://link.springer.com/rwe/10.1007/0-387-30749-4_176. Acesso em: 22 mar. 2025.

SCHLADER, Z. J. The human thermoneutral and thermal comfort zones: thermal comfort in your own skin blood flow. **Temperature**, *[S.l.]*, v. 2, n. 1, p. 47-48, mar. 2015. DOI:

CC BY

http://dx.doi.org/10.4161/23328940.2014.983010. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4843884/. Acesso em: 14 fev. 2024.

TAZZO, I. F.; TAROUCO, A. K.; JUNIOR, P. H. C. A.; BREMM, C.; SILVEIRA, L. C.; JUNGES, A. H. Indice de Temperatura e Umidade (ITU) ao longo do verão de 2021/2022 e estimativas dos impactos na bovinocultura de leite no Rio Grande do Sul, Brasi. **Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science**, Goiânia, v. 25, mar. 2024. DOI: 10.1590/1809-6891v25e-77035E. Disponível em: https://revistas.ufg.br/vet/article/view/77035. Acesso em: 4 fev. 2025.

WORLD WEATHER ATTRIBUTION (WWA). **Strong influence of climate change in uncharacteristic early spring heat in South America**. Stamford, 2023. Portal. Disponível em: https://www.worldweatherattribution.org/strong-influence-of-climate-change-in-uncharacteristic-early-spring-heat-in-south-america/. Acesso em: 21 nov. 2024.

XAVIER, T. C.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. Análise das condições de conforto térmico da cidade de Vitória, ES. **Geography Department University of Sao Paulo**, *[S.l.]*, v. 41, p. 1-15, abr. 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.11606/eissn.2236-2878.rdg.2021.172471. Disponível em: https://revistas.usp.br/rdg/article/view/172471. Acesso em: 21 nov. 2024.

CC BY