

COMPORTAMENTO TÉRMICO DO MÊS DE OUTUBRO EM SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO (MG): ANÁLISE AO LONGO DE 44 ANOS

Renan Alves Tavares¹, Ana Claudia Festucci de Herval²

¹Universidade Federal de Lavras, São Sebastião do Paraíso, Brasil,
renan.tavares@estudante.ufla.br

²Universidade Federal de Lavras, São Sebastião do Paraíso, Brasil

Resumo: O presente estudo analisa o comportamento das temperaturas no mês de outubro em São Sebastião do Paraíso (1981–2025). A aplicação do teste de Mann-Kendall e de regressão linear evidenciou tendências significativas de aquecimento. Observou-se aumento das temperaturas mínimas (15,74°C para 17,71°C) e máximas (até 30,96°C). Verificou-se o desaparecimento de ondas de frio após 2000 e maior frequência de ondas de calor, indicando aquecimento consistente.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Temperatura do ar; Tendência climática; Ondas de calor; Séries temporais.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm se mostrado um dos principais desafios globais enfrentados atualmente, ameaçando o desenvolvimento sustentável e a segurança populacional (BALBÉ et al., 2024). De acordo com BENTO et al. (2024), as mudanças climáticas afetarão não apenas o nível de renda, mas todos os sistemas ambientais e humanos. LEMOS et al. (2018) afirmam que a tendência de mudança climática é uma realidade para a região sul do estado de Minas Gerais, região onde o município de São Sebastião do Paraíso está localizado.

O mês de outubro configura-se como um período de transição entre as estações seca e chuvosa na região Sudeste do Brasil, caracterizando-se por apresentar considerável variabilidade térmica, sendo que em Minas Gerais a época das chuvas inicia-se, em média, no final de outubro (MINUZZI et al., 2007).

SIAS (2025) relata que as pessoas usaram as redes sociais para manifestar estranheza com as baixas temperaturas, mesmo com o calendário mostrando ser 20 de outubro e não mais inverno. Com isso, o presente estudo busca analisar o comportamento das temperaturas máxima, mínima e média no mês de outubro em São Sebastião do Paraíso ao longo de uma série histórica de 44 anos para responder “É comum fazer frio nesta época?”.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados, que incluem as temperaturas máximas e mínimas de uma série histórica compreendida entre janeiro de 1981 e outubro de 2025 para a cidade de São Sebastião do Paraíso. Os dados foram obtidos na plataforma NASA POWER (NASA, 2025) e as análises realizadas na linguagem R (R CORE TEAM, 2024). Com o objetivo de avaliar apenas os padrões

de temperatura para outubro, foram realizados filtros para restringir os dados ao mês de interesse.

Foi realizada uma análise exploratória com o uso de gráficos, tabelas e medidas estatísticas. A tendência das séries temporais foi avaliada por meio do teste de Mann-Kendall (SANTOS, 2007; PAIVA, 2020).

Não há consenso na literatura quanto às definições de ondas de calor e ondas de frio. Fante (2024) discute diferentes abordagens e critérios utilizados para identificar eventos de onda de calor, enquanto Alves et al. (2017) reúne diversas métricas propostas em estudos anteriores para caracterizar ondas de frio. Os quadros 1 e 2 mostram esses principais critérios.

Quadro 1. Índices e critérios para a identificação de ondas de calor.

Técnica/Autor	Duração	Critério
Indicador de Duração de Ondas de Calor (WSDI) – OMM	6 dias consecutivos	Temperaturas acima do percentil 90, identificando eventos de longa duração com valores dentro dos 10% mais altos da série.
Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC	5 dias consecutivos	Temperaturas acima de 5°C em relação à normal climatológica, caracterizando eventos prolongados de calor elevado.

Silveira (2014)	3 dias consecutivos	Temperaturas acima do percentil 90, identificando eventos de curta duração dentro dos 10% mais altos da série.
Díaz et al. (2002)	2 dias consecutivos	Temperaturas máximas e mínimas acima do percentil 90, indicando eventos simultâneos de calor diurno e noturno.
Geirinhas et al. (2018)	3 dias consecutivos	Temperaturas máximas ou mínimas acima do percentil 90, considerando extremos térmicos com base nos percentis.
Oliveira et al. (2021)	3 dias consecutivos	Temperaturas máximas e mínimas acima do percentil 90 de suas distribuições, indicando persistência de extremos térmicos diurnos e noturnos.

Quadro 2. Índices e critérios para a identificação de ondas de frio.

Técnica/Autor	Duração	Critério
Indicador de Duração de Ondas de Frio (CSDI) – OMM	6 dias consecutivos	Temperaturas mínimas inferiores ao percentil 10, identificando pelo menos 6 dias consecutivos com valores abaixo dos 10% mais baixos da série para a época do ano.

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC	5 dias consecutivos	Temperatura mínima inferior em 5°C à média climatológica, caracterizando períodos prolongados de frio intenso em relação às normais mensais.
Silveira (2016)	3 dias consecutivos	Temperatura mínima abaixo do percentil 10, indicando eventos de curta duração com valores extremos para a estação do ano.
Vavrus et al. (2006)	2 dias consecutivos	Temperatura média do ar abaixo de 2 desvios padrão da média anual, identificando eventos extremos de frio em relação à variabilidade climatológica.
Yague et al. (2006)	3 dias consecutivos	Temperaturas mínimas e máximas inferiores ao percentil 10, indicando persistência de frio tanto diurno quanto noturno.

Para a identificação de ondas de calor, adotou-se o critério proposto por Oliveira et al. (2021), que define esses eventos como períodos de três ou mais dias consecutivos com temperaturas máximas e mínimas acima do percentil 90. Para ondas de frio, utilizou-se o critério de Yague et al. (2017), que caracteriza esses eventos como três ou mais dias consecutivos com temperaturas máximas e mínimas abaixo do percentil 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos gráficos de calor mostra que as temperaturas em outubro aumentaram ao longo dos anos. No caso da temperatura máxima, é possível ver

um aquecimento gradual, principalmente a partir dos anos 2000, quando os tons vermelhos ficaram mais intensos. Antes disso, nas décadas de 1980 e 1990, havia maior variação e temperaturas mais amenas. Depois de 2010, aparecem blocos contínuos em vermelho, indicando vários dias seguidos de calor mais intenso.

Para a temperatura mínima, o aquecimento foi mais evidente. Os tons azulados, que eram dias frios, foram desaparecendo com o tempo. Na década de 2020, as mínimas ficaram mais altas, mostrando um aquecimento mais forte. Já na temperatura média, também houve um aumento, mas de forma mais equilibrada. Os tons ficaram mais uniformes, o que indica menor variação diária e sugere que as noites estão esquentando mais rápido do que os dias.

A análise das séries históricas confirma um processo consistente de aquecimento climático ao longo das últimas quatro décadas. Em outubro de 1981, a

temperatura máxima média era de aproximadamente 27,0°C, enquanto em outubro de 2025 esse valor atingiu 30,96°C, representando um aumento de cerca de 4°C. As temperaturas mínimas médias também apresentaram elevação marcante: passaram de 15,74°C em 1981 para 17,71°C em 2025, indicando noites mais quentes e menor resfriamento noturno, o que corrobora com o aquecimento climático. Consequentemente, a temperatura média mensal evoluiu de 21,36°C para 24,34°C, um salto de quase 3°C desde o início da série.

Entre os anos mais quentes destacam-se 2020 (maior percentil 90 = 39,07), 2015 (maior média = 26,70), 2023 (maior mínima = 19,85) e 2002 (maior máxima = 34,83). Já os mais amenos foram 1983, 1989 e 1992. A década de 2015-2024 consolidou-se como o período consistentemente mais quente da série histórica, enquanto a década de 1981-1990 apresentou as condições mais frias.

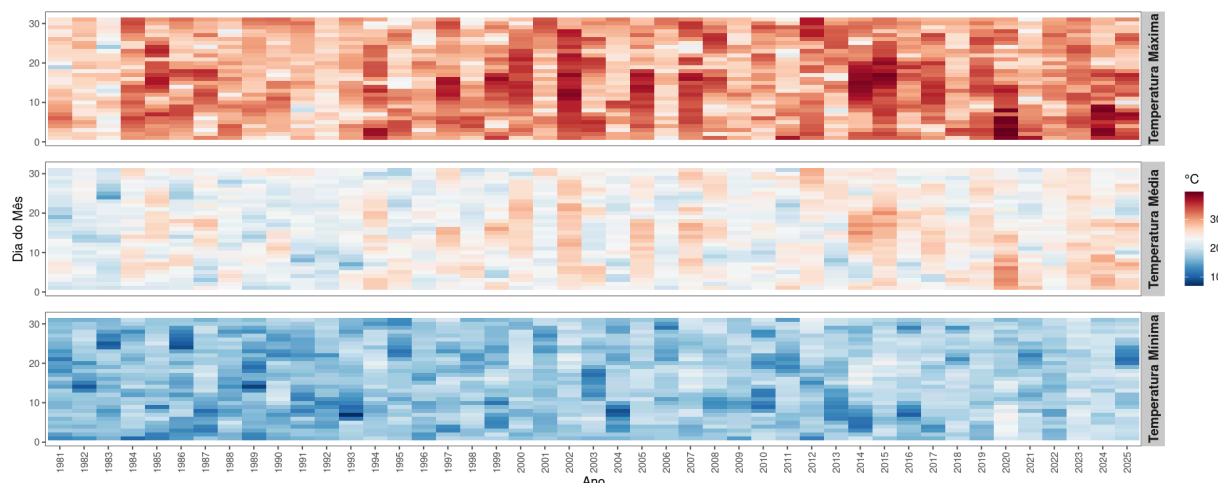


Figura 1. Temperaturas diárias em outubro de São Sebastião do Paraíso

Para verificar a existência de tendências estatisticamente significativas nas séries temporais de temperatura, aplicou-se o teste de Mann-Kendall para a série temporal incluindo o ano de 2025 e para a série produzida sem este ano, ou seja, até 2024.

Tabela 1. Resultados do Teste de Mann-Kendall para a série de 1981-2025 e a série 1981-2024.

Variável	Sem 2025 (τ ; p)	Com 2025 (τ ; p)
Temperatura Máxima	0,264; <0,010	0,267; 0,010
Temperatura Média	0,425; <0,001	0,420; <0,001
Temperatura Mínima	0,488; <0,001	0,485; <0,001

O teste de Mann-Kendall indicou a presença de tendências estatisticamente significativas em todas as variáveis térmicas analisadas, tanto no cenário com a inclusão do ano de 2025 quanto sem sua consideração. O sinal positivo do coeficiente τ (tau de Kendall) em todos os casos indica que essas tendências são crescentes, ou seja, de aumento ao longo do tempo. Em ambos os cenários, a temperatura mínima apresentou a tendência crescente mais intensa ($\tau = 0,488$ sem 2025; $\tau = 0,485$ com 2025; $p < 0,001$), seguida pela temperatura média ($\tau = 0,425$ sem 2025; $\tau = 0,420$ com 2025; $p < 0,001$) e pela temperatura máxima, que também exibiu tendência positiva estatisticamente significativa ($\tau = 0,264$ sem 2025; $p < 0,05$; $\tau = 0,267$ com 2025; $p = 0,010$). Esses resultados evidenciam que o aquecimento é mais pronunciado durante o período noturno, refletindo um aumento consistente das temperaturas mínimas ao longo da série histórica.

Ademais, a similaridade dos valores de τ e dos valores p entre os dois cenários indica que a exclusão do ano de 2025 não altera substancialmente o padrão de aquecimento identificado.

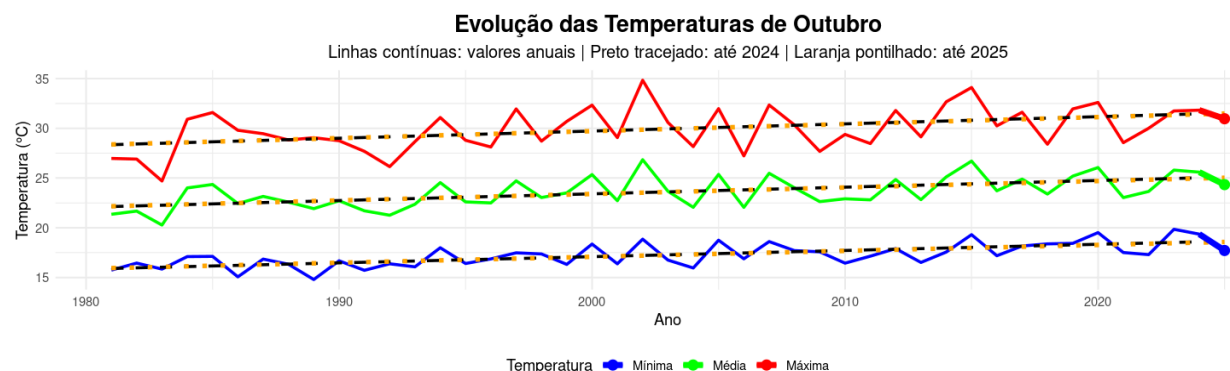


Figura 2. Evolução das temperaturas de outubro e tendências lineares para os períodos 1981–2024 e 1981–2025

A Figura 2 apresenta a evolução das temperaturas de outubro, incluindo as séries anuais de temperatura mínima, média e máxima, bem como as tendências lineares estimadas para os períodos até 2024 e até 2025. A inclusão do ano de 2025 evidencia uma leve inflexão descendente no trecho final da série, visível nas três variáveis, indicando que outubro de 2025 registrou valores inferiores aos de 2024. Esse comportamento, destacado pelo último segmento das curvas, contrasta com a tendência geral de aumento observada ao longo das décadas. As linhas de tendência mostram apenas pequena alteração com a inclusão de 2025, sugerindo que, embora o ano mais recente represente uma oscilação negativa pontual, não altera de forma substantiva o padrão de aquecimento de longo prazo.

Com isso, para investigar a tendência de aumento das temperaturas ao longo da série histórica, aplicou-se um modelo de regressão linear para ambos os casos (sem 2025 e com ele), cujos resultados estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 2. Resultados do Modelo de Regressão Linear ajustado às séries históricas 1981-2024 e 1981-2025.

Variável	Sem 2025 (β_0 ; β_1)	Com 2025 (β_0 ; β_1)
Temperatura Máxima	-114,716; 0,072	-111,423; 0,071
Temperatura Média	-111,120; 0,067	-106,764; 0,065
Temperatura Mínima	-107,523; 0,062	-102,104; 0,060

O interesse principal é no coeficiente β_1 , coeficiente de inclinação na reta ajustada pela regressão linear.

No contexto aplicado, β_1 representa o aumento médio anual da temperatura, permitindo observar a tendência de aquecimento ao longo da série histórica. Os resultados apresentados na Tabela 02 mostram que ambas as séries de temperatura apresentam coeficientes β_1 positivos, indicando um aumento das temperaturas ao longo do período analisado, tanto considerando o ano de 2025 quanto sem sua inclusão. No cenário sem 2025, os valores de β_1 foram 0,072 para a temperatura máxima, 0,062 para a mínima e 0,067 para a média. Já no cenário com 2025, os coeficientes estimados foram ligeiramente inferiores, com β_1 igual a 0,071 para a máxima, 0,060 para a mínima e 0,065 para a média, representando quedas de 1,4%, 3,2% e 3%, respectivamente. Apesar das diferenças serem pequenas, é possível observar que eventos atípicos, como este de dias mais frios em Outubro, impactam os modelos de tendência de aquecimento na temperatura.

Observa-se ainda que as temperaturas mínimas, mesmo apresentando valores de β_1 ligeiramente menores que os das máximas, mostram um aumento contínuo ao longo do tempo, o que indica noites cada vez mais quentes. De forma geral, os resultados apontam que o mês de outubro em São Sebastião do Paraíso - MG vem se tornando gradualmente mais quente, tanto durante o dia quanto durante a noite, o que está de acordo com as análises descritivas realizadas e com os resultados do teste de Mann-Kendall.

O passo seguinte consistiu na aplicação de uma ANOVA (Análise de Variância), na qual a série temporal foi dividida em grupos de mesmo período (a cada 11 anos) com o objetivo de verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os períodos analisados. Como a comparação entre os resultados do modelo de regressão linear demonstrou semelhança entre os dois cenários (com e

sem 2025), para esta análise, optou-se por considerar todos os dados disponíveis, ou seja, o cenário com a inclusão do ano de 2025, não sendo mais apresentada a análise sem esse ano.

A ANOVA foi aplicada para verificar diferenças estatisticamente significativas nas temperaturas mínima, média e máxima entre os períodos 1981–1991, 1992–2002, 2003–2013 e 2014–2025.

A Tabela abaixo apresenta os resultados da ANOVA aplicada às temperaturas mínima, média e máxima de outubro, considerando os diferentes períodos analisados. Observa-se que, em todos os casos, os valores da estatística F associados a p-valores inferiores a 0,05 indicam a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos períodos, tanto no cenário com inclusão de 2025 quanto sem esse ano. Além disso, a proximidade entre os resultados obtidos nos dois cenários reforça a robustez da análise, indicando que a inclusão do ano de 2025 não altera de forma substancial o padrão de diferenças identificado.

Tabela 3. Resultados da ANOVA ajustada às séries históricas 1981-2024 e 1981-2025.

Variável	Sem 2025 (F; p)	Com 2025 (F; p)
Temperatura Máxima	3,243; 0,0319	3,409; 0,0263
Temperatura Média	6,280; 0,0014	6,483; 0,0011
Temperatura Mínima	11,620; <0,001	11,640; <0,001

Após identificar a presença de diferenças globais, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Tukey, permitindo determinar especificamente quais pares de grupos apresentam distinções significativas nas temperaturas.

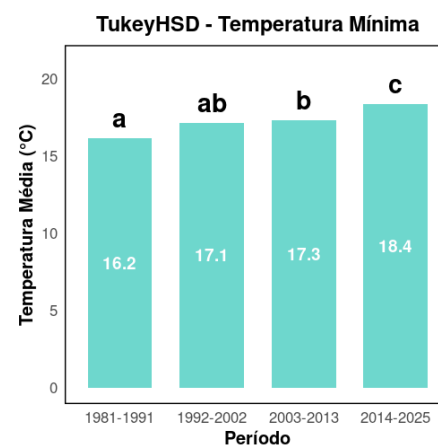
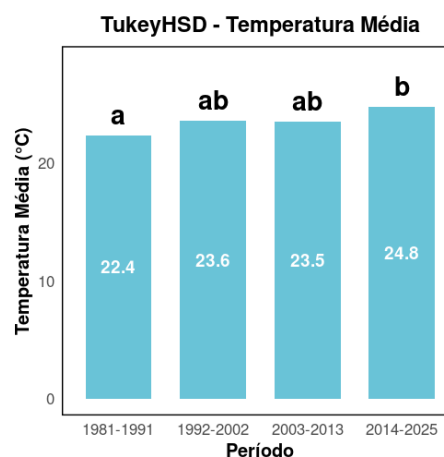
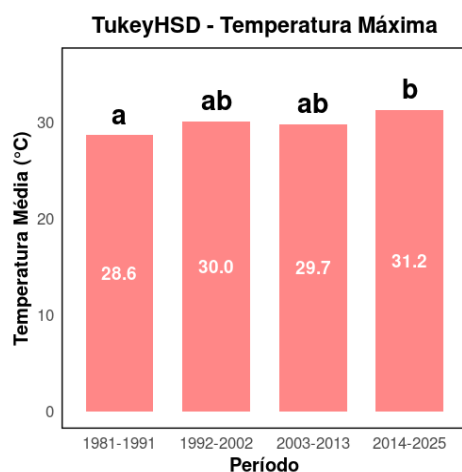


Figura 4. Resultados do Teste de Tukey para identificar diferenças entre as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas entre os 4 períodos de 11 anos estudados.

As comparações de Tukey comprovam as diferenças entre os períodos. Para as temperaturas máximas, o período de 1981–1991 (letra a) apresentou valores significativamente menores em relação a 2014–2025 (letra b), enquanto os períodos intermediários, 1992–2002 e 2003–2013 (ambos com ab), não diferiram estatisticamente de nenhum dos períodos extremos. Para a temperatura média geral, o padrão se repete: 1981–1991 (a) é estatisticamente mais frio que 2014–2025 (b), enquanto os períodos 1992–2002 e 2003–2013 (ab) não apresentam diferenças significativas entre si nem em relação aos extremos. No caso das temperaturas mínimas, observou-se um aumento mais pronunciado: 1981–1991 (a) foi significativamente mais frio que 2003–2013 (b) e que 2014–2025 (c), enquanto 1992–2002 (ab) novamente ocupou posição intermediária. Esse comportamento indica um aquecimento consistente das temperaturas mínimas ao longo do tempo, sugerindo especialmente um aumento das temperaturas noturnas (comportamento típico que corrobora para o

aquecimento global). Em conjunto, esses resultados mostram uma trajetória de aquecimento contínuo, na qual o período mais recente é claramente mais quente que o primeiro, evidenciando um aumento térmico ao longo das últimas décadas.

Por fim, com o objetivo de identificar os eventos extremos que ocorreram ao longo dos anos nos meses

de outubro e seguindo as métricas de Alves et al. (2017) e Oliveira et al. (2021), foram utilizados o percentil 10 e o percentil 90 para verificar as ocorrências de ondas de frio e ondas de calor, respectivamente. As ondas identificadas foram destacadas na Figura 5.

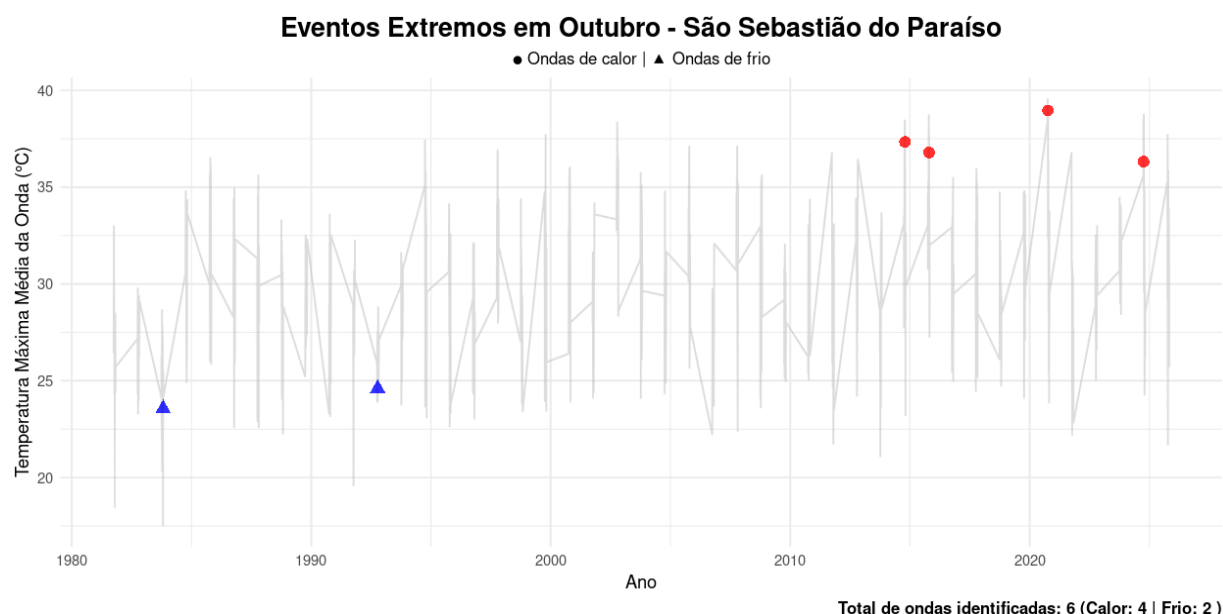


Figura 5. Eventos extremos de frio e de calor nos meses de outubro dos anos de 1981 até 2025.

É possível observar que as ondas de frio são raras e se concentram apenas no início da série histórica. Após os anos 2000, nenhuma onda de frio foi identificada, o que sinaliza o desaparecimento desses eventos extremos frios para este mês ao longo do tempo. Por outro lado, as ondas de calor aparecem exclusivamente nas décadas mais recentes, o que indica que eventos extremos quentes se tornaram mais intensos e mais frequentes no período recente. A análise geral sugere um claro aquecimento ao longo da série, o que é coerente com os resultados estatísticos previamente encontrados. Isso indica que o clima do mês deixou de ter dias muito frios e passou a registrar dias de calor extremo, evidenciando um aquecimento climático que impacta não apenas as médias, mas também a frequência e intensidade dos eventos extremos.

CONCLUSÃO

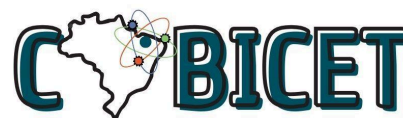
A investigação começou devido a uma percepção da população de que estivesse fazendo mais frio no mês de outubro de 2025 em São Sebastião do Paraíso - MG, que gerou a pergunta “Será que outubro é mesmo mais frio na cidade?”. Após as análises, o que ficou comprovado é o contrário, não apenas não foi um mês frio, como foi um dos outubros mais quentes,

demonstrado pelo aquecimento ao longo de todo o período analisado.

Entre 1981 e 2024, São Sebastião do Paraíso apresentou um aquecimento significativo em outubro, com aumento tanto nas temperaturas diurnas quanto nas noturnas. O padrão mostra um aquecimento mais intenso nas temperaturas mínimas, o que sugere alterações no equilíbrio térmico local e possível influência de fatores climáticos globais.

Em 2025, observou-se novamente um outubro quente, com máximas médias próximas de 31°C e um percentil 90 de 35,27°C. Embora abaixo de anos extremos como 2020 (39,07°C) e 2024 (38,05°C), 2025 ainda se insere no padrão recente de calor elevado, significativamente mais quente que as décadas iniciais da série.

Os resultados confirmam que a cidade passou por mudanças climáticas significativas nos meses de outubro ao longo das últimas quatro décadas e meia. As análises mostram uma tendência de aquecimento em todos os parâmetros de temperatura, com destaque para o aumento nas temperaturas mínimas, indicando noites cada vez mais quentes. Portanto, não é comum registrar frio nessa época do ano.



AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo apoio e financiamento concedido.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. P. A.; SILVEIRA, R. B.; BITENCOURT, D. P.; FRANKE, A. E. Onda de frio? Análise de diferentes métodos de identificação. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.54821>
- BELOKUROWS, R. Worldwide weather data: obtain daily weather data for weather stations all over the world with a few lines of code + some plots to get you started. Disponível em: https://rafabelokurows.github.io/blog_posts/r_tip_2/weather_data_r.html
- BENTO, J. A. N.; ARAUJO, J. A.; TABOSA, F. J. S.; JUSTO, W. R. Impacto das mudanças climáticas sobre o nível de renda na América Latina. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, n. 2, e268031, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.268031>
- FANTE, K. P. Eventos meteorológicos extremos de temperatura: a incidência de ondas de calor em Rio Claro - SP, com base em diferentes metodologias analíticas. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 35, n. 20, p. 336–361, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.18053>
- IPCC. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (org.). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- LEMO, B. C. dos S.; SILVA, L. P. da; MIRANDA, W. L.; ABREU, L. G. de. Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006. *Revista Agrogeoambiental*, v. 10, n. 3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181163>
- MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 3, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862007000300007>
- NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER). Langley Research Center, 2024. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/>
- OLIVEIRA, D. S. de; COSTA, P. D. P.; BEZERRA, L. M.; ÁVILA, A. M. H. de; FARIA, E. C. de. Hotter, longer and more frequent heatwaves: an observational study for the Brazilian city of Campinas, SP. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 2, p. 305–316, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863620119>
- OMM – ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. *Climate indices and analysis for sectoral application*. Itália, 2011.
- PAIVA, D. de A. *Estudo de testes para tendência em séries temporais*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2020.
- R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
- SANTOS, J. F.; PORTELA, M. M. Tendências em séries de precipitação mensal em Portugal Continental: aplicação do teste de Mann-Kendall. 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/1303>
- SIAS, E. Minas Gerais terá vários dias seguidos de geadas com frio de inverno tardio. *Metsul*, 2025. Disponível em: <https://metsul.com/2025-10-20-frio-minas-gerais-geada>
- SILVEIRA, R. B.; ALVES, M. P. A.; FRANKE, A. E. Interações por pneumonia frente às ondas de frio inverniais na costa norte de Santa Catarina, Brasil. In: *Anais do VI Simpósio Internacional de Climatologia*, 2015.
- VAVRUS, S.; WALSH, J. E.; CHAPMAN, W. L.; PORTIS, D. The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming. *International Journal of Climatology*, v. 26, p. 1133–1147, 2006. DOI: 10.1002/joc.1301.
- YAGÜE, C.; MARTÍJA, M.; TORRES, J.; MALDONADO, A.; ZURITA, E. Análisis estadístico de las olas de calor y frío en España. In: *Jornadas Científicas de la AME*, 2006.