1º HIDROGEOMINAS
SIMPÓSIO MINEIRO DE HIDROGEOMORFOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS
07 – 10 de setembro de 2026
Departamento de Geografia – UFMG
Belo Horizonte - MG

TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS DE LONGO PRAZO NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Arthur Boari [1]
Carlos Rogério de Mello [2]
Everton Alves Rodrigues Pinheiro [3]
Eduardo Morgan Uliana [4]
Marcelo Ribeiro Viola [5]

RESUMO

Investigar tendências em séries meteorológicas é essencial para a avaliação de impactos sobre os recursos hídricos e agricultura no contexto de mudanças climáticas. Desse modo, objetiva-se verificar tendências na evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação (Pr) para o estado de Minas Gerais, a partir da base de dados diários *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD). Com a série agregada anualmente e calculada a série do balanço hídrico vertical (BHV), procedeu-se a aplicação do teste Mann-Kendall com o método de pré-branqueamento livre de tendência (TFPW), e o cálculo do estimador de Sen, para quantificação da magnitude das tendências significativas. Dos 5.019 pontos de grade do BR-DWGD, 88,32%, 14,43% e 44,13% apresentaram tendência significativa para ETo, Pr e BHV, respectivamente. Predomina tendência de aumento para a ETo, com valores que chegam a aproximadamente 7,00 mm/ano. Para Pr, embora haja predominância de tendência de redução de até 9,30 mm/ano, ocorrem tendências positivas de forma localizada nas mesorregiões Campo das Vertentes, Metropolitana de Belo Horizonte, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, e Zona da Mata. O BHV demonstra predomínio de tendências negativas, exacerbando o déficit hídrico vertical anual. Os resultados de tendência de aumento de ETo e de redução de Pr corroboram com a redução do saldo de água na superfície expresso pelo BHV, indicando preocupação quanto à segurança hídrica em diversas regiões do estado.

Palavras-chave: teste de Mann-Kendall; chuva; BR-DWGD; autocorrelação; pré-branqueamento.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas demandam ações governamentais mitigatórias, visto a sua capacidade de danos a produção agrícola, recursos hídricos e ecossistemas, como o aumento na frequência e intensidade de chuvas extremas e de secas (García-Valdecasas Ojeda *et al.*, 2022; Meng *et al.*, 2022). Além da precipitação (Pr), a evapotranspiração (ET) desempenha papel importante no balanço

[1] Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras - UFLA, eng.arthurboari@gmail.com;
[2] Professor do Departamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras - UFLA, crmello@ufla.br;
[3] Professor do curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins - UFT, pinheiroear@uft.edu.br;
[4] Professor do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, morganuliana@ufmt.br
[5] Professor do Departamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras - UFLA, marcelo.viola@ufla.br;

hídrico, afinal, a diferença entre essas duas variáveis define regimes de déficit ou excedente hídrico, ambos preocupantes no contexto agrícola a depender do momento de ocorrência. A ET, influenciada pela radiação solar, temperatura do ar, umidade, velocidade do vento e fatores relacionados a cultura e solo, serve de indicador para projeto e manejo de sistemas de irrigação (Pereira *et al.*, 2025). Portanto, conhecer o papel dessas variáveis ao longo do tempo pode ajudar a entender cenários atuais e futuros.

Para estudar relações e comportamentos de variáveis climáticas é necessário o uso de séries históricas longas e o mais completas possível. No entanto, alguns entraves são encontrados em bases de dados de monitoramento superficial, sendo a baixa cobertura espacial e a ausência de dados os mais recorrentes. Dito isso, é comum que se busque base de dados preenchidas e espacializadas. O *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD) é um banco de dados em grade (0,1º x 0,1º) gerado por Xavier, King e Scanlon (2016) e atualizado por Xavier et al. (2022). Consistente de séries diárias de Pr, temperatura máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento a 2 metros de altura, umidade relativa e evapotranspiração de referência (ETo), compiladas a partir de séries provenientes da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A série de Pr baseia-se nas leituras dos pluviômetros da ANA, enquanto a série de ETo foi calculada pelo método de Penman-Monteith (Pereira *et al.*, 2025) a partir das demais variáveis do banco de dados meteorológico das estações do INMET. Sales et al. (2025) usaram o BR-DWGD no estudo de incêndios florestais no Espírito Santo, enquanto Barbosa et al. (2026) o usaram para criar um banco de dados de produção de cana-de-açúcar para o nordeste do estado de São Paulo. Bender et al. (2025) investigaram tendência em séries de Pr, temperatura máxima e mínima e ETo para o Brasil. Badiru et al. (2025) utilizaram o BR-DWGD em um estudo dos impactos das mudanças climáticas no potencial de turismo no nordeste brasileiro. Costa et al. (2025) utilizaram a base de dados para estudar a tendência de chuvas extremas no Brasil, encontrando tendências de decréscimo de chuva na região Sudeste, salvo litoral. Sendo assim, percebe-se que o referido grid é amplamente aceito para a investigação científica.

O estado de Minas Gerais é o segundo estado mais populoso (20.539.989 habitantes) do país, segundo Censo 2022 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023). Em termos de relevância nacional, a agropecuária mineira é responsável por cerca de 13% do PIB (Brasil, 2025). Em 2024, o estado passou a figurar como a terceira Unidade da Federação (UF) com maior participação no valor de produção agrícola nacional, sendo responsável pela fatia de 11,1%, superado apenas por Mato Grosso e São Paulo, que figuram em primeiro e segundo lugar, respectivamente. Ainda em 2024, o estado foi responsável por produzir 69,5% dos mais de 3,4 milhões de toneladas do café arábica

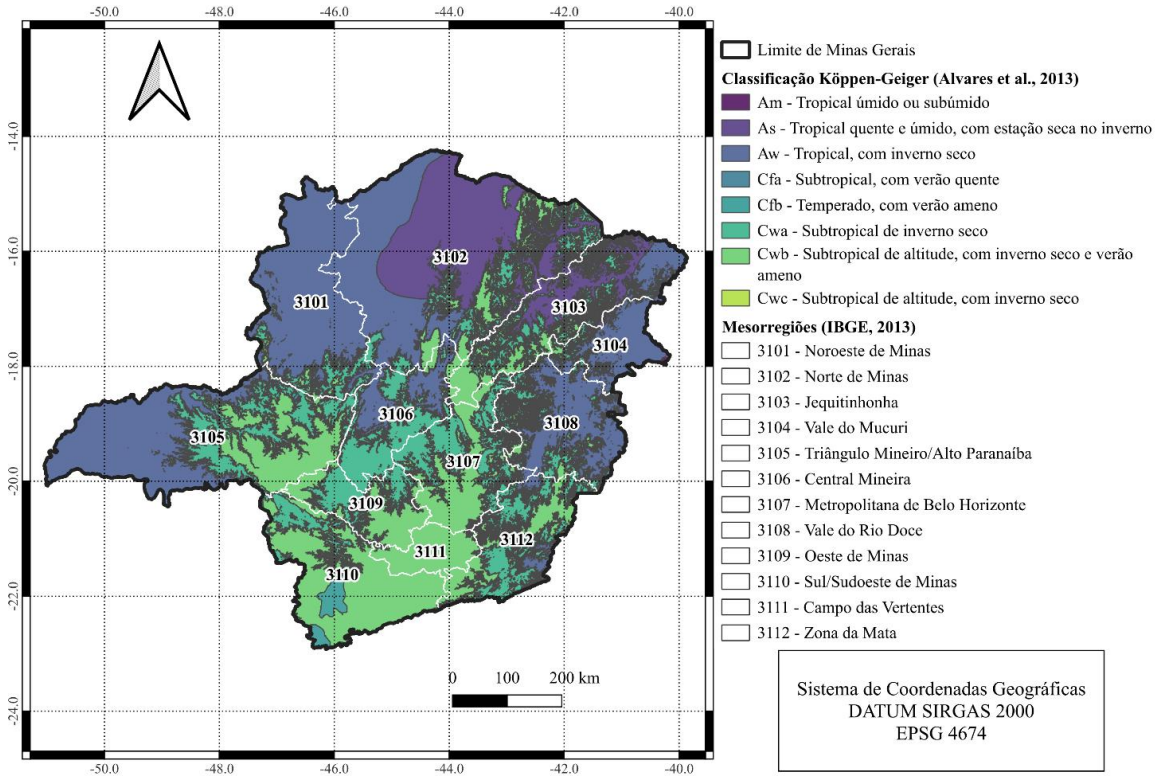
nacional, e obteve o maior valor de produção para a banana (2,5 milhões de reais) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1974-).

Conforme o exposto, é importante investigar tendências temporais em séries de ETo e Pr para o estado de Minas Gerais, visto o seu destaque na produção nacional e impacto positivo sobre o PIB brasileiro. Deste modo, este trabalho tem como objetivo adquirir as séries anuais das variáveis ETo e Pr do banco de dados BR-DWGD para aplicação do teste de tendências monotônicas Mann-Kendall, visando observar espacialmente o comportamento dessas tendências. Espera-se que este trabalho possa colaborar no entendimento das alterações climáticas vivenciadas nas últimas décadas e seu impacto sobre o balanço hídrico vertical.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange o estado de Minas Gerais, cuja organização territorial em mesorregiões e classificação climatológica de Köppen-Geiger está descrita na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de Minas Gerais com destaque a classificação climática e a organização em mesorregiões.



Fonte: IBGE (2013) e Alvares et al. (2013), elaborado pelo autor.

MATERIAIS E MÉTODOS

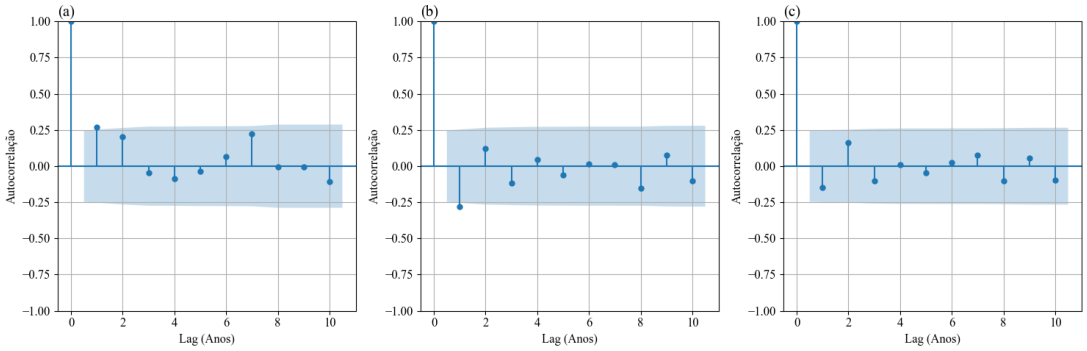
As séries diárias de ETo e Pr do BR-DWGD, de 1961 a 2023, foram importadas para o ambiente Python com o uso de funções das bibliotecas *xarray* (Hoyer *et al.*, 2025; Hoyer; Hamman, 2017) e pandas (The pandas development team, 2025). Em seguida, foram calculadas as séries acumuladas anuais de cada ponto da grade para serem submetidas ao teste de tendência. A partir das séries anuais, foi construída a série de balanço hídrico vertical (BHV), subtraindo ETo de Pr. O teste Mann-Kendall (MK) é um teste não paramétrico baseado em ranqueamento para detecção de tendências monotônicas em séries temporais. Comparado com os testes paramétricos, testes não paramétricos são menos sensíveis a outliers e não necessitam que a amostra analisada siga alguma distribuição. Wang et al. (2020) discutem alguns pontos em relação a robustez do teste MK. Um deles é a autocorrelação, embora essa seja uma característica inerente às séries históricas meteorológicas, a alta dependência entre as observações pode levar a resultados enviesados (erros tipo I ou II). Os autores explicam que a presença de autocorrelação positiva pode levar a uma excessiva rejeição da hipótese nula (H_0: ausência de tendência). Agregar a série diária em anual reduz os efeitos de sazonalidade, mas não de autocorrelação. Portanto, é importante investigar a função de autocorrelação (ACF – *AutoCorrelation Function*). Com o auxílio dos correlogramas (gráficos ACF), gráfico que possibilita averiguar a autocorrelação de uma variável em defasagens no tempo, verifica-se *lags* significantes como aqueles cuja autocorrelação situa-se fora do intervalo de confiança.

Foi escolhido um ponto aleatório do banco de dados para realizar essa análise. A Figura 2a indica uma autocorrelação positiva no *lag*-1, isso quer dizer que a ETo de um ano está correlacionada com a ETo do ano anterior. A Figura 2b também indica a presença de autocorrelação no *lag*-1 da série de Pr, entretanto, negativa. Esse comportamento indica a necessidade de tratar os dados antes de aplicar o teste MK. Vale ainda apontar que os demais *lags* da ETo demonstram uma certa persistência da autocorrelação, enquanto para a Pr, há um padrão de alternância, ligado a natureza estocástica e discreta desta variável. A Figura 2c não demonstra *lags* significativos para a série BHV.

Várias adaptações foram feitas para o aperfeiçoamento do teste MK, muitas das quais estão presentes na biblioteca *pymannkendall* (Hussain; Mahmud, 2019). A versão aplicada neste trabalho é a versão com pré-branqueamento sem tendência - *trend free pre-whitening* (TFPW), com nível de significância de 5%. O pré-branqueamento é o procedimento de remoção da autocorrelação de modo que sobre apenas a aleatoriedade da série (ruído branco). Esse procedimento consiste em, primeiramente, remover a tendência da série com autocorrelação, então aplicar o pré-branqueamento (diferenciação de *lag*-1) e depois retornar com a tendência na série aleatória para execução do teste

(Coen *et al.*, 2020). O gráfico ACF do BHV (Figura 2c) não demonstra *lag* significante, no entanto, será aplicado o mesmo teste MK na série.

Figura 2 – Gráficos da função de autocorrelação (ACF) para a série de evapotranspiração (a), precipitação (b) e do balanço hídrico vertical (c) (coordenada -44,05; -14,35).



Fonte: Do Autor (2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 contém a estatística descritiva das séries diária e anual da ETo e Pr extraídas do banco de dados BR-DWGD.

Tabela 1 – Estatística descritiva das séries anuais da evapotranspiração (ETo), precipitação (Pr) e balanço hídrico vertical (BHV) para o estado de Minas Gerais entre 1961 e 2023 com destaque às séries diária e anual.

Estatística	**ETo**	**Pr**	**BHV**
		mm/ano	
Média	1.359,29	1.223,12	-136,17
Mínimo	845,36	240,86	-1.785,34
Máximo	2.094,69	3.422,52	2.496,19
Mediana	1.359,52	1.231,25	-121,59
Desvio Padrão	154,72	356.70	457,62
n		316.197	

Fonte: Do Autor (2026).

A Pr máxima anual observada, 3.422,52 mm, foi registrada em Cristina (-45,25; -22,25; Sul/Sudoeste de Minas) no ano de 1983; e Olhos d'Água (-43,55; -17,35; Norte de Minas) deteve a

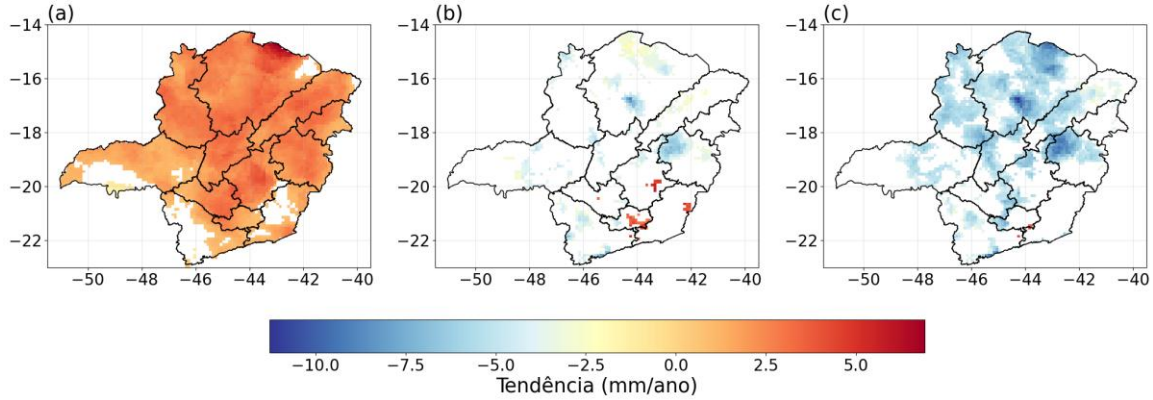
Pr mínima anual de 240,86 mm no ano de 1963. A ETo máxima anual foi registrada em 2015 no município de Espinosa (-43,15; -14,85; Norte de Minas), com o montante de 2.094,69 mm, enquanto a mínima de 845,36 foi registrada em 1983 em Bocaina de Minas (-44,65; -22,35; Sul/Sudoeste de Minas). Para a série do BHV, o valor mínimo registrado, de -1.785,34 mm, foi registrado em 2015 em Espinosa (-42,95; -14,75), ao passo que o valor máximo é atribuído a cidade de Cristina (-45,25; -22,25) no ano de 1983. Vale pontuar que a Pr acumulada calculada aqui segue o calendário gregoriano, ou seja, não reflete o ano hidrológico.

Os resultados do teste MK com o método TFPW mostraram ocorrência de tendência significativa em 88,32%, 14,43% e 44,13% da área do estado de Minas Gerais, para ETo, Pr e BHV, respectivamente (Figura 3), o que equivale a 4.433, 724 e 2.215 pontos do grid, respectivamente. Nota-se que há a predominância de tendência de aumento da ETo em 4.398 pontos do grid, entretanto, há 35 pontos com tendência de redução da ETo, localizados no Sul do Triangulo Mineiro e Sul/Sudoeste de Minas. Já para a Pr, percebe-se predominância de tendência de redução, o que foi verificado em 682 pontos do grid. Contudo, em 42 pontos do grid foi verificada tendência de aumento da Pr, estando localizados nas mesorregiões Campo das Vertentes, Metropolitana de Belo Horizonte, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, e Zona da Mata. Para o BHV, apenas quatro pontos do grid apontaram tendência de aumento (Figura 2c), sendo verificadas nas mesorregiões Sul/Sudoeste de Minas, Campo das Vertentes e Zona da Mata. Esses pontos coincidem com alguns pontos que tiveram tendência positiva para Pr (Figura 2b). Vale notar que a maioria das localidades com tendência de redução da Pr, apresentam tendência de redução do BHV, ou seja, com a redução da Pr e aumento da ETo, o BHV tende a ficar mais negativo, demonstrando tendência de déficit hídrico. As mesorregiões com a maior concentração de tendências de redução do BHV são: Norte de Minas, Noroeste de Minas, Jequitinhonha e Vale do Rio Doce.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva das inclinações significativas de Sen. Pode-se verificar que para a ETo metade dos pontos estatisticamente significativos figuram entre tendências de 2,39 e 6,89 mm/ano, ou seja, em uma década a ETo de algumas localidades de Minas Gerais podem aumentar em até 68,9 mm (-14,85; -42,85). Esses são valores alarmantes visto que estão inseridos na mesorregião Norte de Minas, caracterizada majoritariamente pelos tipos climáticos As e Aw (Figura 1). Já para a Pr, metade figura entre -3,80 e -9,30 mm/ano, o que demonstra preocupação no tocante à disponibilidade hídrica superficial, sobretudo em locais onde a tendência positiva de ETo se sobrepõe à tendência negativa de Pr. O BHV apresenta tendência significativa majoritária de redução, ou seja, o BHV tende a ficar mais negativo. Não necessariamente pela redução da Pr, mas provavelmente pelas tendências de aumento da demanda atmosférica. A tendência média de aumento

do déficit hídrico, ou seja, redução do BHV, está na magnitude de 5,53 mm/ano, ao passo que esse aumento pode chegar a 11,28 mm/ano na mesorregião Norte de Minas.

Figura 3 – Tendências significativas para evapotranspiração (a), precipitação (b) e balanço hídrico vertical (c) em Minas Gerais para o período de 1961 a 2023.



Fonte: Do Autor (2026).

Tabela 2 – Estatística descritiva das tendências significativas da evapotranspiração (ETo), precipitação (Pr) e balanço hídrico vertical (BHV) para Minas Gerais.

Estatística	**ETo**	**Pr**	**BHV**
	mm/ano		
Média	2,30	-3,60	-5,53
Mínimo	-1,80	-9,30	-11,28
Máximo	6,89	6,04	4,59
Mediana	2,39	-3,80	-5,41
Desvio Padrão	0,86	2,20	1,28
n	4.433	724	2.215

Fonte: Do Autor (2026).

Natividade, Garcia e Torres (2017) utilizaram dados observados, dados projetados e dados da reanálise NCEP/NCAR para verificar tendências em índices de extremos climáticos em Minas Gerais. Os autores observaram tendência significativa de aumento na temperatura e diminuição na Pr, também tendo encontrado poucos pontos de tendência significativa para Pr, corroborando com os resultados do presente estudo. Avila-Diaz et al. (2020) avaliaram o comportamento de 13 índices baseados em Pr e temperatura para Viçosa, MG, para a janela de 1968 a 2017. Os autores não encontraram mudança significativa na Pr anual, mas observaram anomalias nos índices de Pr no

verão. Bender et al. (2025) estudaram tendências em séries históricas de Pr, temperatura e ETo de 1984 a 2022, usando o BR-DWGD como fonte. Os autores verificaram a ausência de tendência significativa da Pr anual para 83,3% do território brasileiro, sendo que outros estudos citados por eles também encontram baixas porcentagens de tendências significativas. Nas tendências significativas, eles encontraram mais frequentemente tendências de redução, a um nível de 10%. Para a ETo, os autores encontraram tendência anual de aumento de 0,010 mm/dia/ano em mais de 33,9% da área. Os resultados encontrados neste trabalho são corroborados pelo trabalho de Bender et al. (2025), mesmo com a diferença dos períodos analisados.

O comportamento ilustrado na Figura 3 representa um cenário preocupante. A tendência de aumento da ETo sinaliza um aumento da demanda atmosférica, ao passo que a Pr acumulada anual apresenta uma tendência de redução em alguns locais. Quanto à agricultura, a manutenção das tendências verificadas pode resultar na redução da umidade do solo devido ao aumento da demanda atmosférica, com possíveis impactos na produção agrícola. Tais resultados alertam para a necessidade de avaliação de cenários de mudanças climáticas futuras na escala de bacia hidrográfica, com o objetivo de disponibilizar projeções hidrológicas que subsidiem a gestão de recursos hídricos na elaboração de planos de contingência e mitigação visando garantir a segurança hídrica em Minas Gerais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aproximadamente, 14,43% da área do território mineiro apresenta tendências significativas para a Pr anual, sendo predominante a tendência de redução do volume total, com destaque as mesorregiões Norte de Minas e Vale do Rio Doce. Em relação a magnitude das tendências, a média figura em -3,60 mm/ano, atingindo o ápice em -9,30 mm/ano no centro-sul do Norte de Minas. O aumento da ETo anual está presente em mais de 80% da área do estado, com tendências significativas positivas médias de 2,30 mm/ano, chegando até 6,89 mm/ano na fronteira da mesorregião Norte de Minas com a Bahia.

A série do balanço hídrico vertical demonstra tendência significativa em 44,13% de Minas Gerais, com a predominância de tendências negativas, apontando potencial aumento do déficit hídrico anual. Dado aos resultados observados, a tendência de redução do BHV está mais vinculada ao aumento da ETo anual do que à redução da Pr anual. Com o exposto, demonstra-se a necessidade da atuação dos comitês de bacias hidrográficas juntamente ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) para traçarem políticas visando amortecer os impactos do aumento do déficit hídrico no estado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) 88887.939486/2024-00, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) 311191/2021–5, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Departamento de Recursos Hídricos (DRH) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da UFLA.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, Germany, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

AVILA-DIAZ, A. *et al.* Climatological aspects and changes in temperature and precipitation extremes in Viçosa-Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 92, n. 2, p. 1–19, 2020.

BADIRU, A. *et al.* Impact of Climate Change on the Tourism Potential of Northeastern Brazil: Trend Analysis and Future Perspectives. **Sustainability**, Switzerland, v. 17, n. 12, p. 1–19, 2025.

BARBOSA, L. A. F. *et al.* A dataset of sugarcane crop yield, production environment, meteorological records, and satellite images of commercial fields in the northeast of São Paulo State, Brazil. **Data in Brief**, Amsterdam, v. 65, p. 1–10, 2026.

BENDER, F. D. *et al.* Trend analysis of the climate database used in agricultural climate risk zoning. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 60, n. e04111, p. e04111, 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **O Agronegócio em Minas Gerais: Base Econômica e Social**. Brasília, 2025. Oficial. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/mapaconecta/ecossistemas/minasgerais/detalhes/agronegocio. Acesso em: 18 abr. 2026.

COEN, M. C. *et al.* Effects of the prewhitening method, the time granularity, and the time segmentation on the Mann–Kendall trend detection and the associated Sen's slope. **Atmospheric Measurement Techniques**, Germany, v. 13, n. 12, p. 6945–6964, 2020.

COSTA, J. M. F. D. *et al.* Trend analysis of precipitation extremes in Brazil: the role of atmospheric temperature. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, v. 60, n. e2123, p. 1–18, 2025.

GARCÍA-VALDECASAS OJEDA, M. *et al.* Climate change impact on flood hazard over Italy. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 615, p. 1–18, 2022.

HOYER, S. *et al.* **Xarray**. versão v2025.01.1. Switzerland: Zenodo, 2025. Disponível em: https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.14623571. Acesso em: 4 maio 2026.

HOYER, S.; HAMMAN, J. xarray: N-D labeled Arrays and Datasets in Python. **Journal of Open Research Software**, London, v. 5, n. 1, p. 10, 2017.

HUSSAIN, Md.; MAHMUD, I. pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. **Journal of Open Source Software**, London, v. 4, n. 39, p. 1556, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2022**. Rio de Janeiro, 2023. Conjunto de dados. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/. Acesso em: 17 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mesorregiões**. Rio de Janeiro, 2013. Dados Vetoriais. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2c32b39e-abf5-425b-922a-a407b1bf9f86. Acesso em: 21 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 1974-. ISSN 0101-3963.(Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes). v. 51 Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2024_v51_br_informativo.pdf. Acesso em: 22 abr. 2026.

MENG, Y. *et al.* Multivariate bias corrections of CMIP6 model simulations of compound dry and hot events across China. **Environmental Research Letters**, England, v. 17, n. 10, p. 1–10, 2022.

NATIVIDADE, U. A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. Tendência dos Índices de Extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, SP, v. 32, n. 4, p. 600–614, 2017.

NYALL DAWSON *et al.* **Qgis/QGIS: 3.40.1**. versão final-3_40_1. Switzerland: Zenodo, 2024. Disponível em: https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.14204247. Acesso em: 15 maio 2026.

PEREIRA, L. S. *et al.* **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. 2nd. ed. Rome: FAO, 2025-. ISSN 0254-5284.(FAO Irrigation and Drainage Paper, nº 56 Rev. 1). Disponível em: https://openknowledge.fao.org/items/2743458b-b1bc-4ebb-925a-83a15f2929b9. Acesso em: 4 maio 2026.

PEREIRA, R. H. M.; GONCALVES, C. N. **Geobr: Download Official Spatial Data Sets of Brazil**. Brasília, 2025. Disponível em: https://ipeagit.github.io/geobr/. Acesso em: 20 abr. 2026.

SALES, D. *et al.* Fire influence on forest cover in the Caparaó microregion, state of Espírito Santo, Brazil. **iForest - Biogeosciences and Forestry**, Italy, v. 18, n. 5, p. 267–272, 2025.

THE MATPLOTLIB DEVELOPMENT TEAM. **Matplotlib: Visualization with Python**. versão v3.10.0. Switzerland: Zenodo, 2024. Disponível em: https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.14464227. Acesso em: 15 maio 2026.

THE PANDAS DEVELOPMENT TEAM. **Pandas-dev/pandas: Pandas**. versão v2.3.3. Switzerland: Zenodo, 2025. Disponível em: https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.17229934. Acesso em: 4 maio 2026.

WANG, F. *et al.* Re-evaluation of the Power of the Mann-Kendall Test for Detecting Monotonic Trends in Hydrometeorological Time Series. **Frontiers in Earth Science**, Switzerland, v. 8, p. 1–12, 2020.

XAVIER, A. C. *et al.* New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, United Kingdom, v. 42, n. 16, p. 8390–8404, 2022.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, United Kingdom, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2016.