

UTILIZAÇÃO DO TERRACLIMATE PARA AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA NO MUNICÍPIO DE ALEGRE - ES

Rubno Silvestre Fragoso dos Reis, Bruno Fernandes Teodoro, Vinicio Crissafe dos Santos Lemos, Jéferson Luiz Ferrari.

Instituto Federal do Espírito Santo/Campus de Alegre, km 47 da Rodovia BR-482 (Cachoeiro de Itapemirim – Alegre), no distrito de Rive, Alegre-ES, Brasil, rubnoreis1@gmail.com, brunobruno10047@gmail.com, crissafevinicio123@gmail.com, ferrarijl@ifes.edu.br.

Resumo

O TerraClimate é um conjunto global de dados climáticos gratuitos, com resolução espacial de 4 km, amplamente utilizado em estudos hidrológicos e climáticos. A partir dessa base de dados, este estudo avaliou a variabilidade espacial e temporal da precipitação anual e das temperaturas mínima e máxima do ar no município de Alegre (ES), no período de 2022 a 2024. Após o download, os dados foram processados e extraídos no QGIS, sendo posteriormente organizados em planilhas. Em seguida, realizou-se a análise estatística no InfoStat para calcular medidas de posição e dispersão, aplicando os testes de Shapiro-Wilks, Kruskal-Wallis e Bonferroni, todos ao nível de 5%. As temperaturas mínimas e máximas apresentaram aumento ao longo do período (2022 a 2024), a precipitação se manteve relativamente estável no período analisado. O TerraClimate, em conjunto com Sistemas de Informação Geográfica, possibilita a análise de variações climáticas, e os dados meteorológicos do município de Alegre, obtidos por meio desse conjunto de dados, evidencia um padrão climático característico de regiões tropicais.

Palavras-chave: Análise espacial. Variáveis meteorológicas. Sistema de Informação Geográfica.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias - Agronomia.

Introdução

O TerraClimate é um conjunto de dados climáticos globais de resolução espacial (aproximadamente 4 km) e temporal mensal, abrangendo o período de 1958 até o presente. Ele foi desenvolvido pela Universidade de Idaho (EUA), em colaboração com outras instituições para fornecer informações detalhadas sobre o clima, incluindo temperaturas, precipitação, umidade do solo, déficit hídrico, entre outros parâmetros, combinando dados de observações meteorológicas e estimativas geradas por modelos climáticos (Abatzoglou et al., 2018).

Segundo Wiwoho e Astuti (2022, p. 14), os dados do TerraClimate são “*úteis e potenciais para apoiar as condições da bacia hidrográfica, especialmente em regiões com escassez de dados, onde medições de campo são limitadas ou mesmo indisponíveis*”. Ressalta-se que os dados do TerraClimate estão disponíveis gratuitamente sob licença pública, sendo especialmente útil para a modelagem da distribuição de ecossistemas, análises de impacto climático em sistemas agrícolas e hidrológicos, estudos de variabilidade e tendências climáticas em escala regional e global, avaliação de riscos de seca e planejamento de recursos hídricos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial e temporal da precipitação e das temperaturas mínima e máxima do ar no município de Alegre (ES), entre os anos de 2022 a 2024, utilizando dados disponibilizados pelo TerraClimate.

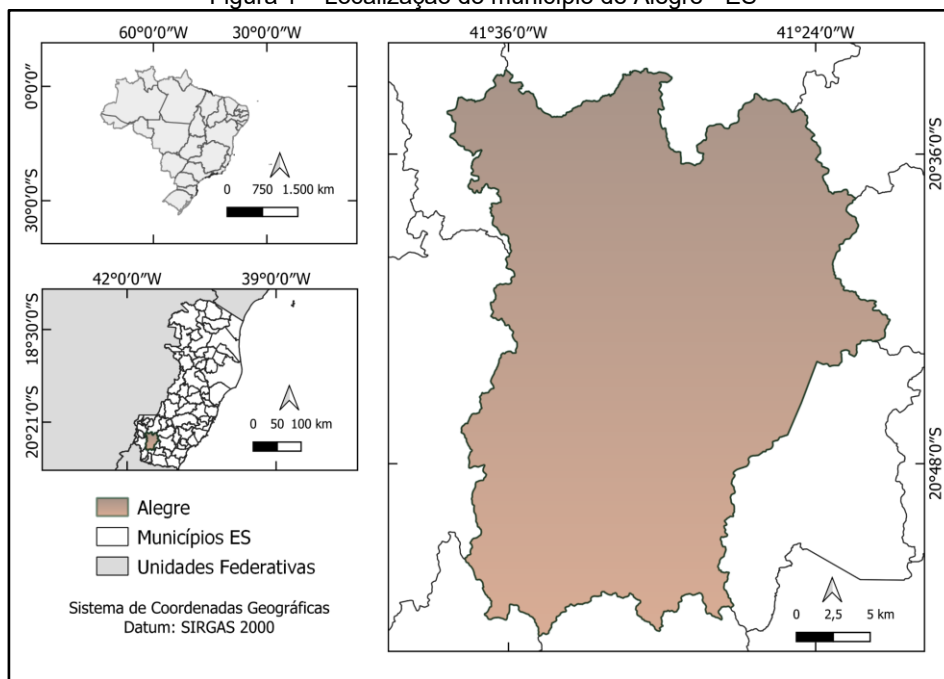
Metodologia

O município de Alegre está localizado na região sul do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil, a cerca de 260 km da capital Vitória, apresentando coordenadas geográficas aproximadas de 20°45' S de latitude e 41°31' W de longitude. Com uma área territorial de cerca de 756,860 km² (IBGE, 2024), Alegre faz parte da microrregião do Caparaó e apresenta relevo predominantemente montanhoso, integrando importantes bacias hidrográficas da região, entre as quais se destaca a do rio Itapemirim.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Na Figura 1 é apresentada a localização do município de Alegre em relação ao estado do Espírito Santo, Brasil.

Figura 1 – Localização do município de Alegre - ES



Fonte: os Autores.

Para investigar as características climáticas dessa área, os dados de precipitação e temperaturas (mínimas e máximas), referente aos anos de 2022 a 2024, foram baixados do TerraClimate (TerraClimate, 2024), que possibilita a visualização, análise, edição e criação de mapas. Com o auxílio da calculadora raster do QGIS (QGIS Development Team, 2024), os dados foram processados, tratados e extraídos para análise posterior.

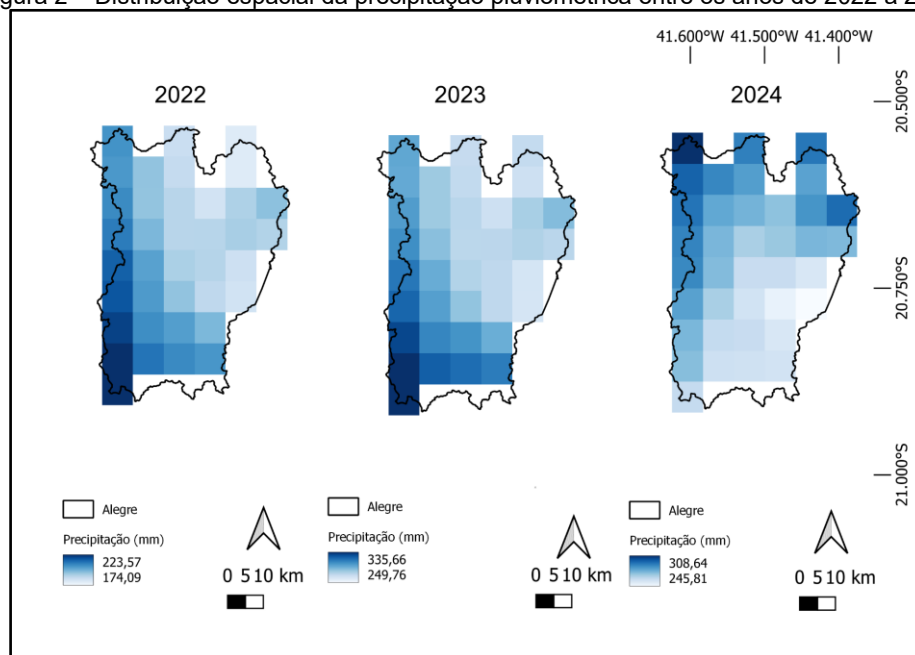
Posteriormente, esses dados foram tabulados em uma planilha eletrônica e submetidos a uma análise estatística para avaliar as medidas de posição e dispersão da precipitação e temperaturas (mínimas e máximas), bem como para verificar diferenças estatísticas entre os anos e meses nas variáveis estudadas. Foi empregado o teste Shapiro-Wilks para averiguar a normalidade dos dados, o teste de Kruskal Wallis e o teste Bonferroni, ambos ao nível de 5%. Essas análises foram feitas no software InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).

Resultados

Na Figura 2 é apresentada a distribuição espacial da precipitação no município de Alegre - ES nos anos de 2022 a 2024, obtida na plataforma TerraClimate, representada em 39 quadrantes com resolução aproximada de 4 km por pixel. As cores em tonalidades de azul escuro indicam maiores volumes de precipitação, enquanto as tonalidades de azul claro correspondem a menores volumes. Essa diferenciação cromática facilita a visualização e interpretação dos padrões espaciais das chuvas ao longo da área estudada.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

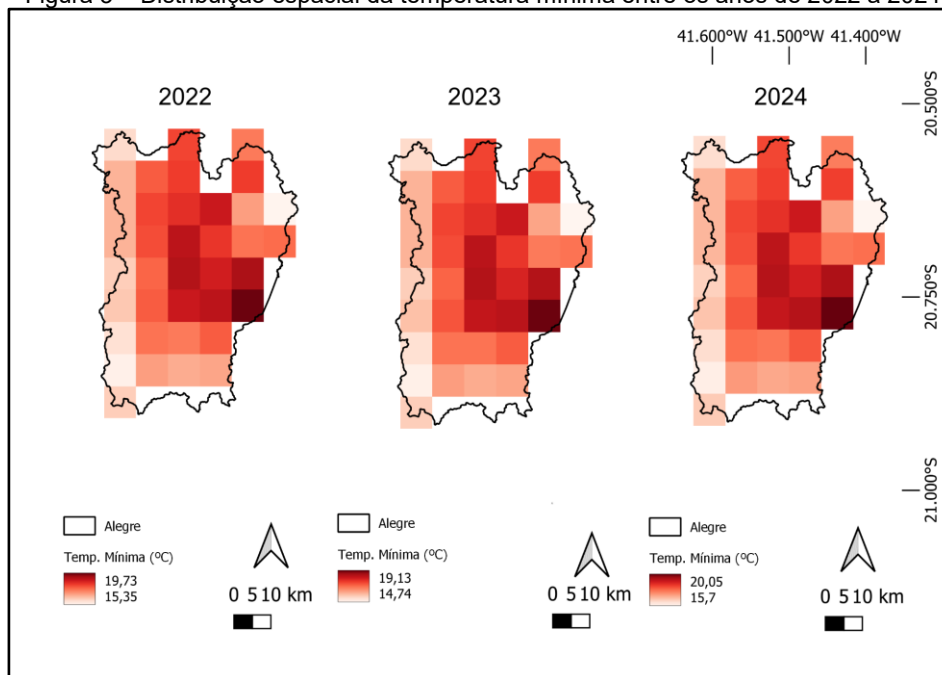
Figura 2 – Distribuição espacial da precipitação pluviométrica entre os anos de 2022 a 2024



Fonte: os Autores.

Na Figura 3 é apresentada a distribuição espacial das temperaturas mínimas nos anos de 2022 a 2024, obtida na plataforma TerraClimate e na Figura 4 é apresentada a distribuição espacial das temperaturas máximas. As cores em tonalidades de vermelho escuro indicam temperaturas mais elevadas, enquanto as tonalidades de vermelho claro correspondem a menores temperaturas.

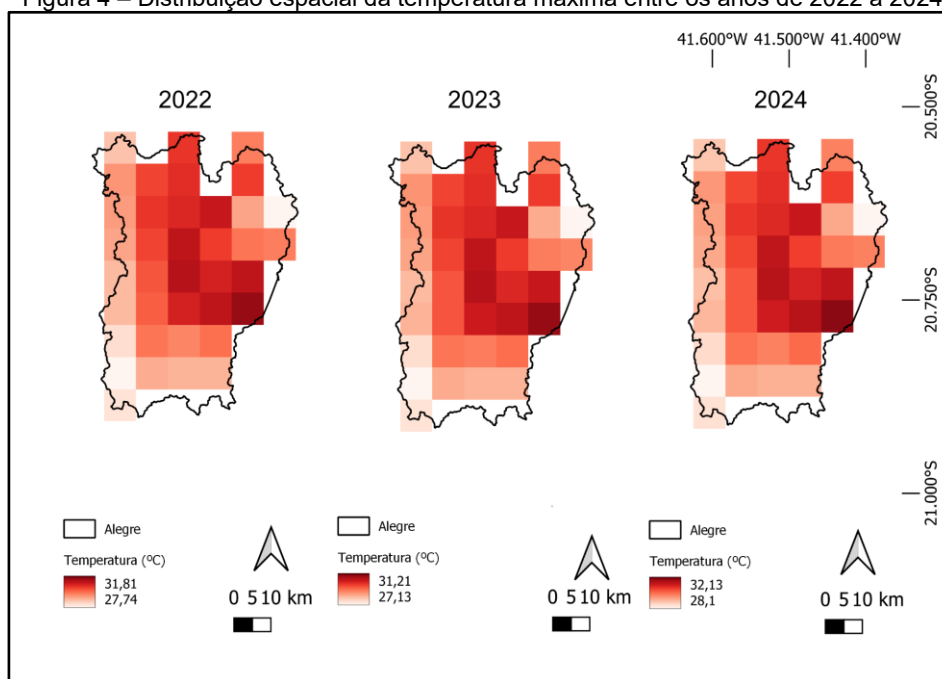
Figura 3 – Distribuição espacial da temperatura mínima entre os anos de 2022 a 2024



Fonte: os Autores.

Os resultados da análise estatística da precipitação, bem como das temperaturas mínimas e máximas no município de Alegre são apresentados nas Tabelas 1 e 2 e da comparação de médias para as variáveis estudadas são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Figura 4 – Distribuição espacial da temperatura máxima entre os anos de 2022 a 2024



Fonte: os Autores.

Tabela 1 - Resultados das análises estatísticas anuais da precipitação e das temperaturas mínimas e máximas no município de Alegre

Ano	Precipitação (mm)			Temperatura Mínima (°C)			Temperatura Máxima (°C)		
	μ	D.P.	C.V.	μ	D.P.	C.V.	μ	D.P.	C.V.
2022	93,02	96,19	103,41	17,34	2,19	12,65	28,74	1,97	6,84
2023	69,23	72,13	104,20	18,08	2,68	14,82	29,48	2,22	7,53
2024	98,08	97,30	99,21	18,52	1,94	10,50	29,92	1,63	5,43

 μ = Média; D.P.= Desvio-padrão; C.V.= Coeficiente de variação.

Fonte: os Autores.

A média anual das temperaturas mínimas e máximas, bem como das precipitações variaram pouco entre 2022 e 2024. A temperatura mínima média aumentou de 17,34 °C (2022) para 18,52 °C (2024). A temperatura máxima seguiu a mesma tendência, sugerindo um leve aquecimento. Seguindo essa métrica temporal, em seus estudos, Dumont, et al. (2022, p. 16) discorre que a plataforma TerraClimate “*parece precisa e estável a longo prazo, permitindo seu uso para avaliações de tendências do balanço hídrico*”.

Tabela 2 - Resultados das análises estatísticas mensais da precipitação e das temperaturas mínimas e máximas no município de Alegre

Mês	Precipitação (mm)			Temperatura Mínima (°C)			Temperatura Máxima (°C)		
	μ	D.P.	C.V.	μ	D.P.	C.V.	μ	D.P.	C.V.
Jan	231,77	42,43	18,31	19,63	0,50	2,56	31,43	0,50	1,60
Fev	162,57	89,64	55,14	19,63	0,74	3,75	31,63	0,74	2,33
Mar	53,87	67,23	124,81	20,73	0,23	1,11	31,73	0,23	0,73
Abr	54,17	22,22	41,02	18,37	0,32	1,75	29,77	0,32	1,08
Mai	16,70	8,68	51,99	16,37	1,70	10,39	28,17	1,70	6,04
Jun	11,17	3,36	30,11	14,43	1,04	7,21	26,73	1,04	3,89
Jul	14,03	16,22	115,57	14,57	0,76	5,20	26,87	0,76	2,82
Ago	25,40	23,65	93,13	15,70	0,44	2,78	27,40	0,44	1,59
Set	19,17	20,20	105,37	18,17	1,79	9,85	28,87	1,79	6,20
Out	106,67	18,29	17,15	19,37	0,40	2,09	29,87	0,40	1,35

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Nov	134,23	70,96	52,86	19,20	1,95	10,17	29,60	1,95	6,59
Dez	211,53	76,25	36,5	19,57	1,14	5,81	30,47	1,14	3,73

μ = Média; D.P.= Desvio-padrão; C.V.= Coeficiente de variação.

Fonte: os Autores.

Observa-se que as temperaturas mínimas e máximas são mais baixas entre maio e julho (meses de inverno), com mínimas em torno de 14 a 16 °C e máximas em torno de 26 a 28 °C. Os coeficientes de variação para temperatura são menores e indicam estabilidade térmica ao longo do ano. A precipitação apresenta maior variabilidade nos meses mais chuvosos, como em janeiro (231,77 mm) e dezembro (211,53 mm). Nos meses mais secos, como junho (11,17 mm), os coeficientes de variação são menores, indicando pouca chuva, porém mais previsível.

Tabela 3 – Diferenças significativas entre as médias das variáveis nos diferentes anos

Ano	Precipitação (mm)		Ano	Temperatura Mínima (°C)		Ano	Temperatura Máxima (°C)	
2023	69,23	A	2022	17,34	A	2022	28,74	A
2022	93,02	A	2023	18,08	AB	2023	29,48	AB
2024	98,08	A	2024	18,52	B	2024	29,92	B

Letras diferentes entre linhas diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste Bonferroni

Fonte: os Autores.

As temperaturas mínimas e máximas de 2022 foram significativamente menores do que nos anos de 2023 e 2024, mostrando um aquecimento. Quanto à precipitação, não houve diferença significativa entre os períodos analisados.

Tabela 4 – Diferenças significativas entre as médias das variáveis nos diferentes meses

Mês	Precipitação (mm)		Mês	Temperatura Mínima (°C)		Mês	Temperatura Máxima (°C)	
Jun	11,17	A	Jun	14,43	A	Jun	26,73	A
Jul	14,03	AB	Jul	14,57	A	Jul	26,87	AB
Mai	16,70	AB	Ago	15,70	AB	Ago	27,40	AB
Set	19,17	AB	Mai	16,37	ABC	Mai	28,18	ABC
Ago	25,40	AB	Set	18,17	BCD	Set	28,87	ABCD
Mar	53,87	AB	Abr	18,37	BCD	Nov	29,60	ABCD
Abr	54,17	AB	Nov	19,20	CD	Abr	29,77	BCD
Out	106,67	ABC	Out	19,37	CD	Out	29,87	BCD
Nov	134,23	ABC	Dez	19,57	D	Dez	30,47	CD
Fev	162,57	BC	Fev	19,63	D	Jan	31,43	D
Dez	211,53	C	Jan	19,63	D	Fev	31,63	D
Jan	231,77	C	Mar	20,73	D	Mar	31,73	D

Letras diferentes entre linhas diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste Bonferroni

Fonte: os Autores.

Os meses de junho, julho e agosto têm as menores temperaturas mínimas e máximas, sendo os meses mais frios, já os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram as maiores temperaturas mínimas e máximas, mostrando uma distinção clara entre o inverno e o verão. Em relação à precipitação, janeiro, dezembro e fevereiro possuem os maiores índices de chuva e os meses de junho, julho e maio são os mais secos.

Discussão

A análise dos dados climáticos do município de Alegre (ES) demonstra os padrões típicos de regiões tropicais. O clima da região é do tipo "Cfa", um clima temperado quente, sem estação seca no inverno (Alvares et al., 2013). Os meses de maio a julho são marcados por temperaturas mínimas e máximas mais baixas, refletindo o período de inverno. Em contraste, os meses de verão são quentes e úmidos, apresentando as maiores médias de temperatura e os maiores índices pluviométricos, com destaque para dezembro e janeiro.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A média anual das temperaturas mínimas e máximas mostra um aumento gradual de 2022 para 2024, podendo ter impactos sobre a agricultura e a biodiversidade. Entretanto, os dados de precipitação não mostraram diferença estatística, mesmo com as variações indicando que a distribuição das chuvas pode estar se tornando irregular ao longo do tempo, mas ainda sem alterar significativamente os totais anuais.

A tendência de aumento nas temperaturas mínimas e máximas entre 2022 e 2024 é semelhante à observada por Wiwoho e Astuti (2022), que também identificaram consistência nos dados do TerraClimate em séries temporais longas.

Conclusão

O uso do banco de dados TerraClimate, em conjunto com Sistemas de Informação Geográfica, demonstra ser uma ferramenta eficiente para avaliar o comportamento climático da região, reforçando a relevância do uso de dados climáticos de resolução mediana para o estudo e manejo de recursos hídricos e o planejamento de políticas públicas.

No período de 2022 a 2024, os dados meteorológicos do município de Alegre evidenciam um padrão climático típico de regiões tropicais, com tendência de aumento das temperaturas mínima e máxima, enquanto a precipitação se manteve relativamente estável.

Referências

ABATZOGLOU, J. T.: et al. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. **Scientific Data**, v. 5, n. 170191, 2018.

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

DI RIENZO J. A., CASANOVES F., BALZARINI M. G., GONZALEZ L., T. M., ROBLEDO C. W. **InfoStat**. 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponível em: <http://www.infostat.com.ar>. Acesso em: 01 jan. 2025.

DUMONT, M. et al. Avaliação da confiabilidade dos produtos globais de precipitação para a gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica vulcânica tropical montanhosa. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 40, p. 101037, 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**: Alegre, ES, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/alegre.html> Acesso em: 17 abr. 2025.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.40, 2024. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 17 abr. 2025.

TERRACLIMATE. **Climatology Lab**: Download. Disponível em: <https://www.climatologylab.org/terraclimate.html>. Acesso em: 17 abr. 2025

WIWOHO, B. S.; ASTUTI, I. S. Runoff observation in a tropical Brantas watershed as observed from long-term globally available TerraClimate data 2001–2020. **Geoenvironmental Disasters**, v. 9, n. 1, p. 12, 2022.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento concedido para a realização deste estudo.