

VALIDAÇÃO DE SÉRIES DE DADOS CLIMATOLÓGICAS EM SANTA CATARINA: OBSERVADOS X ESTIMADOS

Emanuele Pinheiro Cantú, Paula Carvalho da Silveira, Claudia G. Camargo Campos

INTRODUÇÃO

Hoje, com o tema mudanças climáticas em ascensão, o monitoramento climático desempenha um papel essencial em todos os setores da sociedade (Castro; Santos, 2021). No Brasil, devido à sua extensão territorial e à heterogeneidade de relevos, biomas e climas, a rede de estações meteorológicas não é suficiente para suprir a demanda por dados de monitoramento atmosférico (Andrade, 2024). Ainda, o registro de dados meteorológicos apresenta grandes lacunas nas séries históricas, devido a ocorrência de erros (Silva, 2024). Dessa forma, surge a necessidade de buscar fontes de dados confiáveis e consistentes. Nesse contexto, os dados de reanálise surgem como alternativa para obtenção de informações em grande escala e alta disponibilidade (Oliveira, 2023), apresentando estimativas de elevada confiabilidade e qualidade. Existem diferentes fontes de dados de reanálise, disponibilizados de forma on-line e gratuita, suprindo a problemática relacionada a obtenção, inconsistência e falhas de dados obtidos pelas estações meteorológicas (Ukhurebor *et al.*, 2020). Assim, o objetivo deste estudo é validar os dados de reanálise para Santa Catarina tendo como referência os dados de estações meteorológicas, a fim de determinar a plataforma com maior representatividade de dados climáticos.

DESENVOLVIMENTO

Foram consideradas três plataformas de acesso livre, sendo ERA5-LAND, ERA5 e MERRA-2 e dados de sete estações meteorológicas de diferentes municípios do estado de Santa Catarina. O período analisado, de 2008 a 2023, teve como base a série histórica horária comum a todas as estações meteorológicas, e abrangência em todas as mesorregiões do estado. Após calcular os valores mensais de cada variável (precipitação (mm), radiação solar (W/m^2), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), pressão atmosférica (mbar) e velocidade do vento (m/s)), foram aplicadas análises estatísticas para verificar a acurácia: Coeficiente de Correlação Amostral de Pearson (r), Coeficiente de Determinação (R^2), Erro Relativo ($Pbias$), Erro Médio Absoluto (MAE), Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE), Índice de Eficiência de Kling-Gupta (KGE) e Índice de Willmott Modificado (d_1). Considerando a diversidade de métricas, variáveis e cidades, foi adotado um método de ranqueamento para facilitar a análise dos resultados, denominado "Métrica de Classificação Abrangente" (Chen *et al.*, 2011; Jiang *et al.*, 2015).

RESULTADOS

As métricas r , R^2 , $Pbias$, KGE e d_1 indicam um bom desempenho do ERA5-LAND e do ERA5, ou seja, eles capturam muito bem as tendências e a variabilidade das variáveis meteorológicas, com destaque para a temperatura do ar, pressão atmosférica e radiação solar. Além disso, sugere que eles são mais confiáveis para não superestimar ou subestimar os valores reais. O KGE, por ser uma métrica abrangente que combina a correlação, o vício e a

variabilidade dos dados do modelo, é considerada uma das métricas mais robustas para avaliar o desempenho geral (Costa *et al.*, 2025). O ranking superior do ERA5-LAND e do ERA5 no KGE reforça que esses modelos são mais eficazes e confiáveis. Para o d₁, confirma-se que os valores simulados estão em alta concordância com os dados reais. Para o RMSE e MAE, o bom desempenho do ERA5-LAND indica que ele tem, em geral, desvios menores dos dados observados, especialmente para a temperatura do ar. De forma geral, O ERA5 e o ERA5-LAND demonstraram consistentemente um desempenho superior em quase todas as métricas e para a maioria das variáveis. Isso indica que eles não apenas têm uma forte correlação com os dados observados, mas também apresentam erros menores e uma tendência (Pbias) mais próxima do zero. Por outro lado, o MERRA-2 se mostrou o modelo com o desempenho mais fraco em todas as métricas de comparação, frequentemente obtendo o terceiro lugar.

A partir da aplicação da Métrica de Classificação Abrangente, com variação de 1 (melhor ranking) a 3 (pior ranking), os resultados indicam que a plataforma ERA5, com a maior pontuação (0,50), apresentou o melhor desempenho na maioria das variáveis (Tabela 1), sendo a melhor opção para análises que abrangem diversas condições meteorológicas. Em resumo, a análise das métricas reforça a conclusão de que o ERA5 é o modelo mais completo e robusto para as variáveis analisadas, enquanto o ERA5-LAND é uma excelente alternativa, especialmente se o foco for a precisão na temperatura do ar. O MERRA-2 se mostra o menos adequado para a região e variáveis estudadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a necessidade de possuir dados meteorológicos confiáveis para a realização de pesquisas e estudos, é possível afirmar que a utilização da plataforma ERA5 mostra-se vantajosa em relação às outras duas plataformas analisadas, com menores erros e maior concordância entre os dados observados e estimados. No entanto, destaca-se que a escolha do modelo ideal dependerá das variáveis meteorológicas mais relevantes a serem utilizadas, para garantir a máxima precisão dos resultados. Assim como, ponderar os desafios de sua aplicação, pois todo produto baseado em modelagem e reanálise está sujeito a limitações e incertezas.

Palavras-chave: reanálise; ERA5; ERA5-LAND; MERRA-2; métrica de classificação abrangente.

ILUSTRAÇÕES

Tabela 1. Ranking final das plataformas avaliadas

RANK	PREC	RAD	TEMP	TMAX	TMIN	RH	PRESSÃO	VENTO	RANK FINAL
ERA5-LAND	3	3	1	1	3	2	1	1	0,375
ERA5	1	1	2	2	1	1	2	2	0,500
MERRA-2	2	2	3	3	2	3	3	3	0,125

Nota: PREC=Precipitação; RAD=Radiação solar; TEMP, TMAX e TMIN =Temperatura do ar (média, mínima e máxima); RH=Umidade Relativa do ar; PRESSÃO=Pressão atmosférica; VENTO=Velocidade do vento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. C. DE, GALVANI, E., DE SOUZA, P. H. **Performance de um sistema alternativo de monitoramento e coleta de dados meteorológicos.** E&S Engineering and Science, v. 13, n. 4, p. 1–14, 2024. Disponível em: <https://www.periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/18419>.
- CASTRO, P. A. L. DE; SANTOS, G. O. **Condições climáticas como ferramenta de planejamento agrícola e urbano, o caso do município de Rio Verde, Goiás.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 14, n. 3, p. 717–732, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/8119>.
- CHEN, W. *et al.* **Probabilistic projections of climate change over China under the SRES A1B scenario using 28 AOGCMs.** Journal of Climate, n. 17, p. 4741–4756, 2011. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/24/17/2011jcli4102.1.xml>.
- COSTA, W. S. *et al.* **Análise Comparativa de Modelos Climáticos com Dados do INMET Usando Métricas Hidrológicas e Interpretação por IA.** Anais do XVI Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA). Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p. 266-275, 2025. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/view/36104>.
- JIANG, Z. *et al.* **Extreme precipitation indices over China in CMIP5 models.** Part I: Model evaluation. Journal of Climate, v. 28, n. 21, p. 8603-8619, 2015. Disponível em: [https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals\\$002fc1m\\$002f28\\$002f21\\$002fjcli-d-15-0099.1.xml?t:ac=journals%24002fc1m%24002f28%24002f21%24002fjcli-d-15-0099.1.xml&t:zoneid=list](https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals$002fc1m$002f28$002f21$002fjcli-d-15-0099.1.xml?t:ac=journals%24002fc1m%24002f28%24002f21%24002fjcli-d-15-0099.1.xml&t:zoneid=list).
- OLIVEIRA, R. DE. **Sistema de detecção de frentes frias associadas a eventos meteorológicos de médio e alto impacto no Centro Sul da América do Sul.** 2023. Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Disponível em: [https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2716#:~:text=Os%20Sistemas%20Frontais%20\(SFs\)%20atuantes,um%20m%C3%A9todo%20automatizado%20de%20detec%C3%A7%C3%A3o..](https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2716#:~:text=Os%20Sistemas%20Frontais%20(SFs)%20atuantes,um%20m%C3%A9todo%20automatizado%20de%20detec%C3%A7%C3%A3o..)
- SILVA, T. M. M. **Preenchimento de falhas em série de dados meteorológicos e evolução temporal de índices bioclimáticos na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema.** 2024. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/54c5290f-cf3d-411d-8e08-09446aa68fdb>.
- UKHUREBOR, K. E., *et al.* **O. Analyzing the uncertainties between reanalysis meteorological data and ground measured meteorological data,** Measurement, v. 165, p.

108110,

2020.

Disponível

em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224120306485>.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Emanuele Pinheiro Cantú

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Claudia Guimarães Camargo Campos

CENTRO DE ENSINO: CAV

DEPARTAMENTO: Engenharia Ambiental e Sanitária

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Ciências Exatas e da Terra

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Elaboração de um Atlas Climatológico como ferramenta digital de apoio e monitoramento agroambiental

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: PVAV137-2024