

CENÁRIOS DE PROJEÇÕES CLIMÁTICAS PARA EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Daniele Caroline Pereira, Felipe Perotoni Perdoná, Sabrina Antunes Vieira

INTRODUÇÃO

A Terra está enfrentando um aumento de suas temperaturas que têm levado a alterações nos padrões de precipitações. No Brasil, séries históricas de precipitação indicam aumento de extremos no Sul e Sudeste e redução no Norte e Nordeste (Chagas e Chaffe, 2018; Xavier et al., 2019). Para compreender esses impactos, utilizam-se modelos climáticos globais com modelos hidrológicos, que permitem simular cenários futuros com base em projeções de temperatura e precipitação. Comumente, as projeções são baseadas no *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP), conjunto de modelos globais utilizado nas análises de mudanças climáticas sob diferentes cenários socioeconômicos (SSP).

Logo, esta pesquisa buscou avaliar as projeções feitas por diferentes modelos do CMIP6, auxiliando para a escolha dos melhores cenários de projeção climática de extremos de precipitação para o estado de Santa Catarina. O objetivo é apoiar o planejamento hídrico e propor estratégias de prevenção e mitigação diante das mudanças climáticas, utilizando o modelo que melhor se adaptar para a região para simular eventos futuros.

DESENVOLVIMENTO

A metodologia adotada consistiu na aquisição de dados de precipitação do CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6*), disponibilizados pelo World Climate Research Programme (WRCP). Os dados obtidos em grade espacial correspondente à área de estudo foram tratados no software R, sendo convertidos em fluxo médio de precipitação (mm/dia). A seleção dos modelos baseou-se em grades de resolução espacial cujas latitudes e longitudes abrangiam a região de interesse, utilizando-se o período histórico de 2000 a 2014. Foram obtidos dados de 14 modelos de projeção diferentes.

Os resultados dos modelos climáticos foram comparados com séries históricas de precipitação, obtidos através da plataforma HidroWeb, em uma estação pluviométrica na mesma grade de resolução espacial que os modelos climáticos, utilizando-se a bacia hidrográfica do Rio Canoas como área de estudo. Tanto os dados diários de precipitação dos modelos climáticos quanto da estação pluviométrica, foram trabalhados a nível de máximos mensais, pois esta pesquisa objetiva avaliar extremos de precipitação.

A avaliação para seleção dos melhores modelos foi feita no software R, através do uso de diversas métricas, sendo: Bias (diferença média entre modelo e observado); Erro Médio Absoluto – MAE (diferença ponto a ponto); Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE); Eficiência de Nash-Sutcliffe – NSE (compara modelo vs média observada); *Kling-Gupta Efficiency* – KGE (compara através da correlação, variabilidade e viés); Correlação de Pearson (correlação linear); Correlação de Spearman; e teste de Kolmogorov-Smirnov (compara a distribuição dos valores simulados e observados).

Ao final da análise, cada métrica teve um peso definido, sendo de 2 para NSE e KGE, 1,5 para correlação de Pearson e RMSE, 1 para correlação de Spearman, MAE e Bias e 0,5 para Kolmogorov-Smirnov, para a elaboração de um score final, ficando na posição 1 o modelo com as melhores métricas e na posição 14 o modelo com as piores métricas.

RESULTADOS

A análise dos modelos climáticos do CMIP6 para precipitações na bacia hidrográfica do Rio Canoas mostrou que, de modo geral, os modelos apresentaram um baixo desempenho. Os índices NSE (Eficiência de Nash-Sutcliffe) e KGE (Eficiência de Kling-Gupta) ficaram negativos, o que mostra que nenhum modelo conseguiu superar a média observada. Com base na análise gráfica e correlação, o modelo que melhor se ajustou a série histórica foi o IPSL-CM6A-LR5 seguido pelo FGOALS-g321, enquanto o MPI_ESM1-2-HR2 e o GFDL-ESM47 ficaram entre os piores. As correlações também foram baixas, com Pearson máximo de 0,23 (CESM22) e o viés (Bias) indicou que, de modo geral, os modelos subestimaram a precipitação, chegando a -25,3 mm no CESM22. O menor erro médio foi de 35,7 (IPSL-CM6A-LR5), já o maior superou 49 (GFDL-ESM47). Na Figura 1, pode-se observar a comparação entre os máximos mensais de precipitação observados com os três modelos que apresentaram melhor desempenho.

Comparando com análises já observadas, há variação no desempenho conforme região e escala temporal. Abbas et al. (2025), aplicando modelos climáticos no Paquistão, descobriu que o modelo que melhor performou foi o BCC-CSM2-MR e logo em seguida ficou os modelos CESM2-WACCM e CMCC-CM2-SR5, enquanto o NorCPM1 foi o pior. Já Oliveira et al. (2023), aplicando modelos climáticos nas bacias hidrográficas da Amazonia e do Sudeste definiram o SAMO-UNICON como o mais eficiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo de avaliar o ajuste dos modelos climáticos do CMIP6 para a bacia hidrográfica do Rio canoas, em Santa Catarina, foi alcançado. Entretanto, os resultados mostraram limitações nas simulações das precipitações, com tendência de subestimação de extremos de precipitação. Entre os 14 modelos analisados, foram identificados modelos com desempenho relativamente superior, como IPSL-CM6A-LR5 e FGOALS-g321. Essas descobertas reforçam a importância de análises regionais e da integração entre modelos climáticos e hidrológicos para apoiar o planejamento hídrico e estratégias de mitigação frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: mudanças climáticas; precipitação; modelos climáticos; CMIP6.

ILUSTRAÇÕES

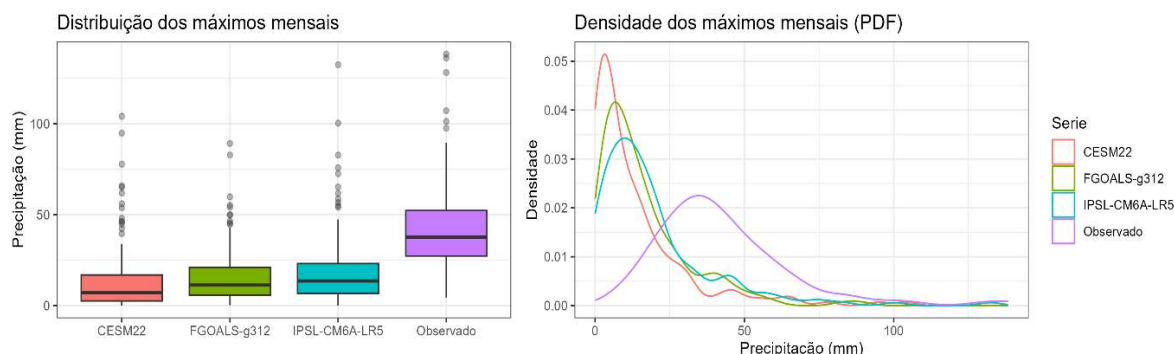


Figura 1. Comparação dos máximos mensais de precipitação (observado versus modelos top 3 ranking).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, A.; ULLAH, W.; ULLAH, S.; BHATTI, A. S.; WASEEM, M.; ALI, G.; XU, D. Comparação da precipitação histórica do CMIP6 GCM com a precipitação medida sobre o Paquistão. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 20, n. 3, e0319999, 31 mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319999>.

CHAGAS, V. B. P.; CHAFFE, P. L. B. The Role of Land Cover in the Propagation of Rainfall Into Streamflow Trends. **Water Resources Research**, v. 54, n. 9, p. 59866004, 2018.

OLIVEIRA, D. M. de; RIBEIRO, J. G. M.; FARIA, L. F. de; REBOITA, M. S. Desempenho dos modelos climáticos do CMIP6 em simular a seleção em subdomínios da América do Sul no período histórico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 16, n. 1, p. 116-133, jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p116-133>.

XAVIER, A. C. F.; RUDKE, A. P.; FUJITA, T.; BLAIN, G. C.; MORAIS, M. V. B.; ALMEIDA, D. S.; ABOU RAFEE, S. A.; MARTINS, L. D.; SOUZA, R. A. F.; FREITAS, E. D.; MARTINS, J. A. Stationary and non-stationary detection of extreme precipitation events and trends of average precipitation from 1980 to 2010 in the Paraná River basin, Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 40, n. 2, p. 116, 2019.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Daniele Caroline Pereira

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC

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

ORIENTADOR(A): Sabrina Antunes Vieira

CENTRO DE ENSINO: CAV

DEPARTAMENTO: Engenharia Ambiental e Sanitária

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias / Engenharia Civil

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Previsão hidrológica para avaliação dos efeitos das mudanças climáticas e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas de Santa Catarina

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: PVAV153-2024