

## **RIOS DA REGIÃO SUL POSSUEM AS CHEIAS MAIS ABRUPTAS DO BRASIL**

*Pedro Torres Miranda<sup>1\*</sup>; Stefany Gonçalves Lima<sup>1</sup>; Nicole Viegas Ramalho<sup>1</sup>; Walter Collischonn<sup>1</sup> & Rodrigo Cauduro Dias de Paiva<sup>1</sup>*

**Palavras-Chave** – cheias abruptas, adaptação às mudanças climáticas, sul do Brasil.

### **INTRODUÇÃO**

A região sul do Brasil mostrou tendências de intensificação de cheias em décadas recentes. Esse comportamento é atribuído principalmente a fatores climáticos (Chagas et al., 2022a). Além disso, projeções de mudanças climáticas apontam para um mesmo sinal de alteração, com aumento na severidade e frequência de eventos de precipitação intensa e de cheias (Brêda et al., 2023; Paiva et al., 2024a; Petry et al., 2023).

Recentemente, em setembro e novembro de 2023 e em maio de 2024, a região vivenciou eventos extremos de cheia. Diversos rios da região registraram níveis e vazões equivalentes a recordes globais, trazendo consequências desastrosas para a população atingida (Paiva et al., 2024b). Além dos impactos resultantes da própria magnitude desses eventos, a velocidade da subida de níveis foi um agravante na ocasião. Isso causa danos inesperados, botando em risco pessoas expostas a essas variações bruscas (Thieken et al., 2023).

A concordância entre tendências recentes e projeções futuras, associada aos eventos históricos de 2023 e 2024, evidencia a necessidade de adaptação às mudanças climáticas no gerenciamento de risco contra cheias. Isso inclui a atualização de critérios para estimativas de variáveis hidrológicas, como precipitações intensas, vazões e cotas máximas, velocidade da água e extensão das inundações. Esses critérios atualizados devem ser utilizados em projetos de infraestrutura e no planejamento urbano, com o objetivo de preparar a região sul do Brasil para uma melhor resposta às emergências (Paiva et al., 2024b).

Apesar da adequação de medidas de proteção estruturais ser importante na gestão de risco associado a cheias, ela leva ao aumento de danos potenciais em caso de falha (Montanari et al., 2024). Montanari et al. (2024) sugerem que abordagens *bottom-up* devem ser priorizadas para minimizar impactos de eventos extremamente raros e sem precedentes. Contudo, a eficiência de medidas não-estruturais de controle de cheias reside em uma cultura de prevenção.

Principalmente se tratando de subidas rápidas de nível dos rios, um bom monitoramento e sistemas de previsão são essenciais para o planejamento e a execução de planos emergenciais de evacuação, por exemplo. Nesse estudo, fazemos uma análise da variação de níveis nos rios de todo o Brasil, de forma a contextualizar o desafio imposto por eventos de cheia no sul do país. Adicionalmente o estudo busca fazer a validação do modelo hidrológico MGB-SA na representação dessas variações.

### **METODOLOGIA**

Utilizamos séries diárias (1980-2020) de níveis naturalizadas (i.e. sem efeito de reservatórios) obtidas de estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e de

---

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas; \*[pedrotorresm121@gmail.com](mailto:pedrotorresm121@gmail.com)

modelagem hidrológica através do modelo MGB-SA (Siqueira et al., 2018) para bacias > 1000 km<sup>2</sup>. A partir disso, obtivemos séries máximas anuais de variação de nível em 24 horas. Analisamos a os percentis 50% (~TR de 2 anos) e 90% (~TR de 10 anos) da série, para avaliar a máxima variação diária de níveis em anos típicos e em anos com eventos mais substanciais, respectivamente. A validação do modelo MGB-SA se deu de forma qualitativa.

## RESULTADOS PRELIMINARES

A análise de variação diária máxima dos níveis revela que os rios do sul do Brasil podem apresentar subidas significativas de cota em apenas um dia, se destacando das demais regiões do país (Figura 1). Isso mostra que eventos extremos, além de terem grande magnitude, evoluem rapidamente. Em cheias frequentes (Figura 1a – TR2) a região sul mostra variações de até 6 m em 1 dia, enquanto o restante do país não passa de 2 m. Quanto a eventos mais raros (Figura 1b – TR10) essa diferença se torna ainda maior, com variações superando 8 m em alguns pontos, enquanto as subidas máximas em 24 horas em outros locais continuam em torno de 2 m.

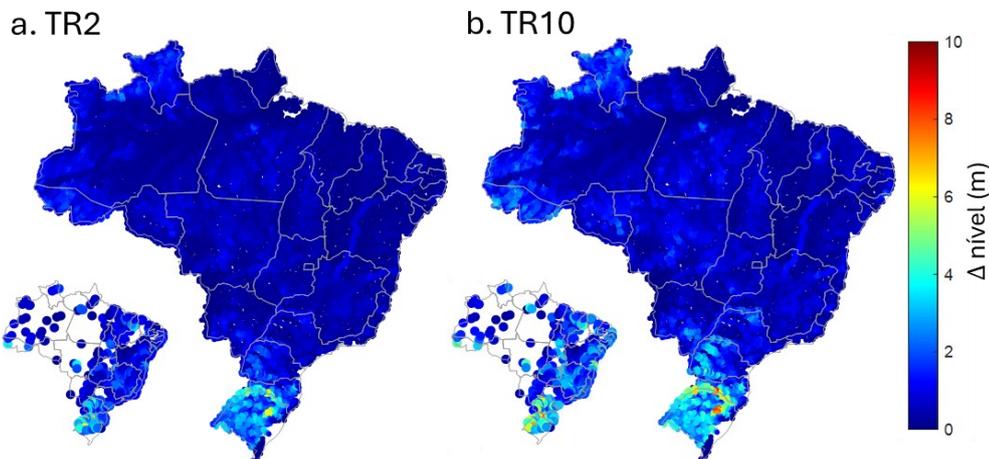


Figura 1. Máxima variação diária de nível anual para (a) TR de 2 anos (percentil 50%) e (b) TR de 10 anos (percentil 90%). Os mapas menores representam as estações fluviométricas da ANA, enquanto os maiores correspondem ao centroide dos rios do modelo MGB-SA

A Figura 1 mostra uma boa representação da variação diária de níveis por parte do modelo MGB-SA. A informação qualitativa de que a região sul se destaca do restante do país é bem representada tanto por dados *in situ* quanto por dados simulados. Isso pode motivar validações mais criteriosas e análises mais detalhadas em regiões sem monitoramento.

## CONCLUSÕES

O contexto climático do sul do Brasil mostra que a região já sofre grandes impactos com cheias extremas e deve vivenciar eventos mais intensos e frequentes no futuro. Associado a isso, esse contexto se dá em uma região em que os rios respondem rápido à precipitação (Chagas et al., 2022b), variando substancialmente de nível em um curto espaço de tempo, agravando impactos devido à falta de preparo em eventos extremos. O estudo mostrou a necessidade urgente de desenvolvimento de uma cultura de prevenção de impactos de cheias. Isso deve ser feito pelo investimento em sistemas robustos de monitoramento e de previsão de níveis e vazões dos rios.

## REFERÊNCIAS

- MONTANARI, A., MERZ, B., & BLÖSCHL, G. (2024). *HESS Opinions: The sword of Damocles of the impossible flood*. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28(12), 2603–2615. <https://doi.org/10.5194/HESS-28-2603-2024>
- BRÊDA, J. P. L. F., CAUDURO DIAS DE PAIVA, R., SIQUEIRA, V. A., & COLLISCHONN, W. (2023). *Assessing climate change impact on flood discharge in South America and the influence of its main drivers*. *Journal of Hydrology*, 619, 129284. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2023.129284>
- CHAGAS, V. B. P., CHAFFE, P. L. B., & BLÖSCHL, G. (2022a). *Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle*. *Nature Communications* 2022 13:1, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32580-x>
- CHAGAS, V. B. P., CHAFFE, P. L. B., & BLÖSCHL, G. (2022b). *Process Controls on Flood Seasonality in Brazil*. *Geophysical Research Letters*, 49(5). <https://doi.org/10.1029/2021GL096754>
- PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P. T., FAGUNDES, H.O., W., KOLLING, A., CASTRO, L., ROSSI, J., MATTE, G., LAIPELT, L., ALVES, W., PETRY, I. (2024a). *Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional. CLIMA: Impactos de Mudanças Climáticas em Extremos de Vazão (Cheias e Estiagens) – Relatório Final*. IPH-ANA-HGE-CLIMA-A3. UFRGS: IPH, [Porto Alegre]. ANA, [Brasília].
- PAIVA, R.C.D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P.T., PETRY, I., DORNELLES, F., GOLDENFUM, J., FAN, F.M., RUHOFF, A., FAGUNDES, H. (2024b). *Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: chuvas e cheias extremas na região Sul do Brasil*. Nota Técnica. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PETRY, I., PAIVA, R. C. D. D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P. T., ROSSI, J. B., FAGUNDES, H. D. O., ... & ARAUJO, A. A. (2023). *Change on flood discharge frequency in South America in the next decades: assessment of the CMIP6 climate projection*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.
- SIQUEIRA, V. A., PAIVA, R. C. D., FLEISCHMANN, A. S., FAN, F. M., RUHOFF, A. L., PONTES, P. R. M., PARIS, A., CALMANT, S., & COLLISCHONN, W. (2018). *Toward continental hydrologic-hydrodynamic modeling in South America*. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(9), 4815–4842. <https://doi.org/10.5194/hess-22-4815-2018>
- THIEKEN, A. H., BUBECK, P., HEIDENREICH, A., VON KEYSERLINGK, J., DILLENARDT, L., AND OTTO, A. (2023). *Performance of the flood warning system in Germany in July 2021 – insights from affected residents*, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 23, 973–990, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-973-2023>.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.