

CHEIA RECORDE NO SUL DO BRASIL EXPÕE NECESSIDADE DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Pedro Torres Miranda^{1}; Rodrigo Cauduro Dias de Paiva¹; Ingrid Petry¹; Walter Collischonn¹*

Palavras-Chave – enchentes de maio/2024, mudanças climáticas, sul do Brasil.

INTRODUÇÃO

Em maio de 2024, a região sul do Brasil sofreu com enchentes devastadoras. Chuvas volumosas causaram rápidas subidas em níveis e velocidade da água em rios montanhosos e inundações duradouras nas planícies. Vazões recordes foram registradas em diversos locais durante o evento, com destaque para os rios Taquari e Guaíba. Apesar de se tratar de um evento sem precedentes, sua ocorrência coincide com sinais de tendência recente e projeções futuras em relação ao aumento de cheias.

O sul do Brasil apresenta tendência de aumento de cheias no histórico recente (1980-2015), atribuída principalmente à influência de fatores climáticos (Chagas et al., 2022a). Além disso, projeções de mudanças climáticas indicam um agravamento e maior recorrência desses eventos na região (Brêda et al., 2023; Petry et al., 2023). A combinação dessas evidências sugere que a gestão de recursos hídricos e a sociedade local devem se preparar para um contexto futuro desafiador em relação ao controle e mitigação de cheias e seus impactos.

Este trabalho enfatiza a necessidade de medidas de adaptação e prevenção de impactos de cheias. Fazemos isso mostrando (i) a severidade do evento de maio de 2024, (ii) tendências recentes e (iii) projeções de intensificação de cheias devido às mudanças climáticas.

METODOLOGIA

Mostramos a severidade do evento e as tendências recentes a partir de observações nos rios Guaíba e Taquari, dois locais que apresentaram cheias recordes. As projeções de mudanças climáticas foram avaliadas a partir da metodologia empregada por Petry et al. (2023) e da base de dados descrita em Miranda et al. (2024). As projeções são referentes a um cenário intermediário de mudanças climáticas (SSP2-4.5), e foram avaliadas a partir de 28 modelos climáticos globais do *Coupled Models Intercomparison Project* (CMIP6). As projeções de alteração devido às mudanças climáticas comparam um futuro distante (2051-2100) com um período de referência (1965-2014). Séries de vazões e precipitações máximas anuais foram ajustadas pela distribuição de Gumbel para estimar o tempo de recorrência (Tempo de Retorno; TR) dos eventos e sua magnitude.

RESULTADOS

Variabilidade histórica

O sul do Brasil tem apresentado uma variabilidade gradual nas cheias ao longo dos anos (Figura 1 – painel esquerdo). A região vivenciou décadas com cheias de baixa magnitude (1899-1925), passando por anos com cheias acima da média (1925-1967), motivando a implementação de medidas de proteção contra cheias, seguido por uma diminuição (1967-2000), causando esquecimento por parte da população. Desde 2000, houve uma crescente na magnitude dos eventos. Contudo, após 2015,

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, *pedrotorresm121@gmail.com

houve uma intensificação notável. Por exemplo, a partir de 2015 (últimos 10 anos), todas as cheias superaram o TR de 2 anos no rio Guaíba, enquanto, no rio Taquari, apenas três anos apresentaram cheias menores do que essa referência (Figura 1 – painel direito).

O rio Guaíba ultrapassou a cota de 3 m apenas quatro vezes entre 1899 e 2023. Só entre setembro de 2023 e maio de 2024, já houve três eventos em que isso ocorreu, sendo o mais recente, o maior. No rio Taquari na cidade de Lajeado, sete das nove maiores cheias entre 1939-2024 ocorreram após 2000. Além disso, as três maiores cheias do local se deram nos 8 meses entre setembro de 2023 e maio de 2024 (Moraes et al., 2024). Essas marcas alcançaram respectivamente 89% e 93% dos recordes globais para seus tamanhos de bacia documentados por Creager et al. (1945).

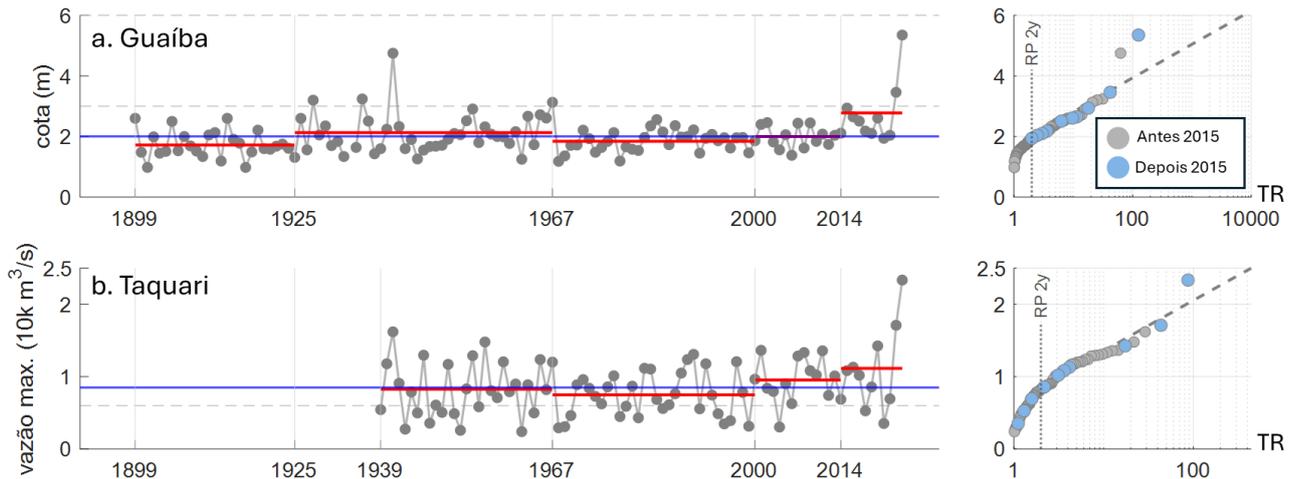


Figura 1. Painel esquerdo mostra a série histórica de (a) níveis no rio Guaíba e de (b) vazões máximas no rio Taquari. A linha azul indica a média histórica, enquanto as vermelhas mostram a média da janela destacada. O painel direito mostra as curvas de frequência das respectivas séries, onde a linha pontilhada é a distribuição teórica de Gumbel, e os pontos cinzas (azuis) mostram dados antes (depois) de 2015.

Projeções de mudanças climáticas

As projeções futuras de cheias para a região mostram uma continuação desse aumento nas próximas décadas, tanto em magnitude, quanto em frequência dos eventos (Figura 2). A região sul se destaca do restante do país (exceto pelo Nordeste) por esse comportamento, com pouca ou nenhuma atenuação projetada para esses eventos (Brêda et al., 2023; Petry et al., 2023). Isso é estimado tanto para eventos comuns (e.g., TR 2 anos) como para eventos raros (e.g. TR 50 anos).

Quanto à precipitação, projeções mostram um aumento da chuva máxima diária em grande parte do país (Brêda et al., 2023; Petry et al., 2023). Contudo, eventos de maior duração (e.g. 15 dias) apresentam aumento mais marcado no Sul (Figura 2 e Petry et al., 2023). Isso indica potenciais aumentos de cheias tanto em bacias pequenas (e.g. áreas urbanas), quanto em bacias maiores.

Alterações na precipitação se refletem de forma direta sobre a vazão no sul do Brasil, devido à alta correlação entre esses eventos na região (Chagas et al., 2022b). A Figura 2 mostra a similaridade entre as alterações de precipitação máxima de 15 dias (5 – 15%) e as vazões máximas (10 – 20%), ambas para TR50. As alterações na frequência dos eventos também são parecidas, indicando eventos 2 – 5 vezes mais frequentes no futuro. As curvas de alteração de frequência mostram, por exemplo, que eventos de TR50 e TR100 no período histórico podem passar a ser de TR25 e TR50 no fim do século.

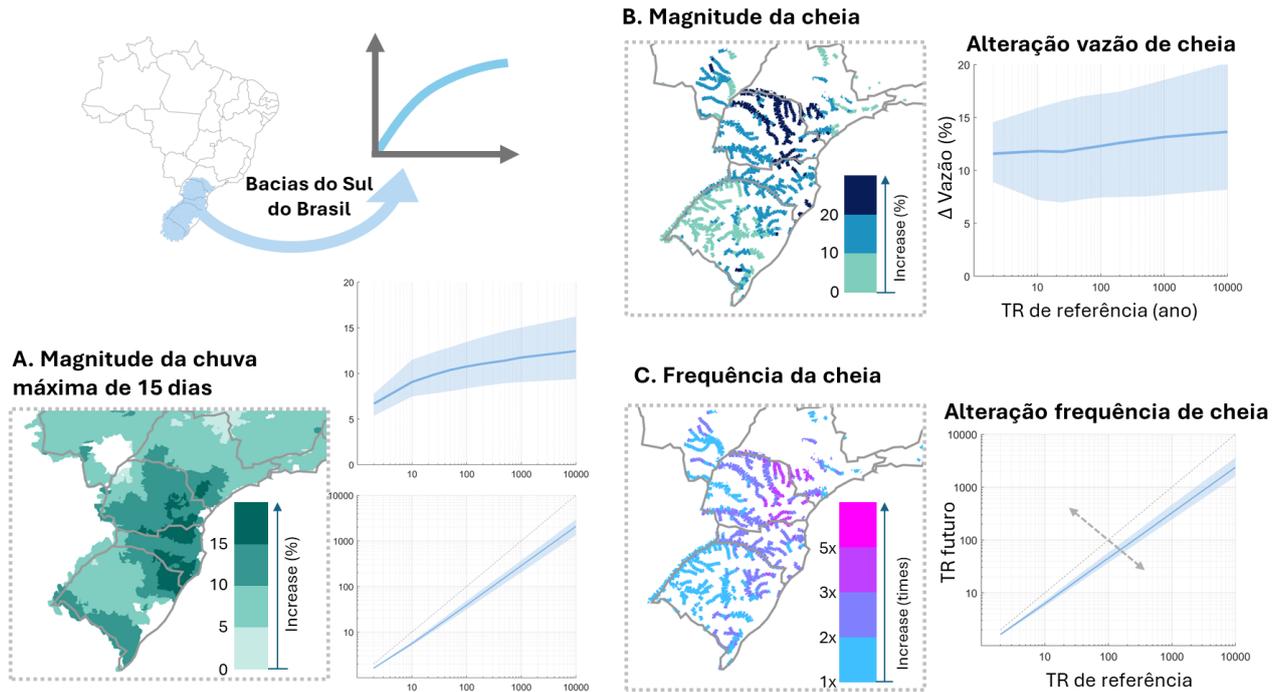


Figura 2. Mapas de projeções de alteração de (a) precipitação máxima de 15 dias (magnitude) e vazão máxima (b – magnitude; c – frequência). Os mapas mostram apenas resultados para aumentos das variáveis, e são referentes a eventos de TR50. Os gráficos correspondem apenas à região sul do Brasil, destacada na figura, e mostram resultados medianos (linha azul) e para os percentis 25 e 75% (banda azul) na região.

Impactos futuros

As mudanças climáticas podem aumentar significativamente precipitações e vazões máximas na região de estudo. Isso se traduz em diversos impactos sociais, ambientais e estruturais. O acréscimo no risco associados a cheias é esperado para toda a região, podendo acarretar o colapso de pontes e barramentos, deslizamentos de terra e perda de solo. Paiva et al. (2024) propuseram a adaptação de critérios hidrológicos de projetos de infraestrutura para a região sul. Os autores se embasaram na alteração regional mediana (~20%) para a adoção dos critérios.

Como estudo de caso, aplicamos o mesmo incremento de 20% nas vazões registradas nos rios Guaíba e Taquari durante o evento de maio de 2024. Assim, obtivemos uma estimativa de acréscimo no nível da água devido à mudança climática (Figura 3). Isso resultou em um aumento de cerca de 0.7 m (Guaíba) e de 3 m (Taquari) nos níveis de água. Isso implicaria no galgamento do sistema de proteção de Porto Alegre (Guaíba) e em um aumento de um andar de prédio nos níveis no rio Taquari, além de aumento na velocidade do escoamento.

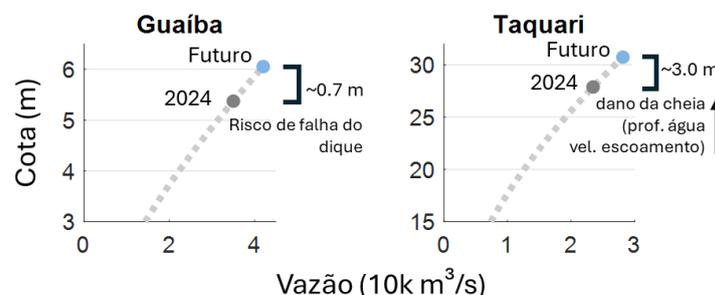


Figura 3. Estimativa de aumento na magnitude da cheia de maio de 2024 devido às mudanças climáticas. O acréscimo de nível da água foi estimado a partir das curvas chave locais, majorando em 20% as vazões observadas no evento.

CONCLUSÕES

O trabalho destaca a importância e a urgência de adaptação às mudanças climáticas no sul do Brasil em relação às cheias. A concordância entre tendências de aumento recentes e projeções para o final do século indica que eventos sem precedentes podem ocorrer com maior probabilidade no futuro. Em um momento de reconstrução e replanejamento da gestão de risco de enchente, é necessário considerar as projeções de mudanças climáticas, principalmente em uma região que consta como o principal foco de agravamento de cheias em um país de proporções continentais. O estudo serve de apoio e incentivo a iniciativas futuras e já implementadas na fase de reconstrução pós-evento e planejamento para gestão de risco às cheias.

REFERÊNCIAS

- 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>
- CREAGER, W. P., J. D. JUSTIN, J. HINDS. (1945). *Engineering for Dams*. Vol. 1, General Design, Wiley, New York.
- MIRANDA, P. T., PETRY, I., ALVES, W. R. G., MATTE, G., PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W. (2023). *Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional. CLIMA: Impactos de Mudanças Climáticas em Extremos de Vazão (Cheias e Estiagens) – Manual de Base de Dados*. IPH-ANA-HGE-CLIMA-A3. UFRGS: IPH, [Porto Alegre]. ANA, [Brasília].
- MORAES, S. R, COLLISCHONN, W, BUFFON, F. T., ECKHARDT, R. R. (2024) *Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023*. Porto Alegre, 2024. Nota técnica. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/>. Acesso em: 19 mar. 2024.
- PAIVA, R.C.D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P.T., PETRY, I., DORNELLES, F., GOLDENFUM, J., FAN, F.M., RUHOFF, A., FAGUNDES, H. (2024). *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.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, financiadora do projeto em que parte dos resultados foram gerados. O primeiro autor agradece também à CAPES pela bolsa concedida.