

## COMPARAÇÃO DE CHUVAS EXTREMAS NO BRASIL ENTRE 1961 E 2024

*Nicole Viegas Ramalho<sup>1\*</sup>; Walter Collischonn<sup>1</sup>; Anderson Ruhoff<sup>1</sup>, Rafael Cabeleira Filho<sup>1</sup>,  
João Paulo Brêda<sup>1</sup> & Sly Wongchuig<sup>1</sup>*

**Palavras-Chave** – Enchente de maio/2024 1, Precipitação extrema 2, Sul do Brasil 3.

### INTRODUÇÃO

Chuvas extremas, como a de abril e maio de 2024 no RS, podem ser analisadas do ponto de vista local e do ponto de vista regional. Do ponto de vista local é possível analisar as chuvas extremas utilizando dados medidos em um único pluviômetro. Do ponto de vista regional é necessário analisar dados de medições em um conjunto de pluviômetros distribuídos em uma determinada área. A maior chuva já medida em um pluviômetro no Brasil ocorreu recentemente, em 2023, em Bertioga, no litoral Norte de São Paulo. Neste local um pluviômetro automático do Centro Nacional de Monitoramento de Desastres (CEMADEN) mediu 682 mm de chuva nas 24 horas entre as 9 horas da manhã do dia 18 e as 9 horas da manhã do dia 19 de fevereiro. No mesmo dia foi medida a precipitação de 626 mm em 24 horas em São Sebastião (Marengo et al., 2024). No Rio Grande do Sul, a maior chuva já registrada ao longo de 24 horas ocorreu na região de Pelotas, entre os dias 28 e 29 de janeiro de 2009, quando foi medida a precipitação de 611 mm na estação experimental da Embrapa (Almeida et al., 2009; Saldanha et al., 2012).

Entretanto, os recordes de chuva observados em um ponto trazem pouca informação sobre o quanto choveu sobre uma grande região na vizinhança do ponto em que foi realizada a medição. Esta limitação é especialmente importante quando o que está sendo analisado é a formação de cheias em grandes rios. Nestes casos, é menos relevante a magnitude da chuva em um ou outro ponto individual, mas sim o quanto choveu, em termos médios, em uma região que se estende por dezenas ou centenas de km. Além disso, para analisar as chuvas que causam as cheias nos grandes rios não basta avaliar o quanto choveu em 24 horas, pois estas cheias são, tipicamente, causadas por chuvas de mais longa duração.

Para analisar as características da precipitação em grandes áreas e grandes durações uma ferramenta importante é a análise conhecida como “Depth Area Duration” (DAD), usualmente adotada em estudos sobre Precipitação Máxima Provável (PMP). A expressão “Depth Area Duration” pode ser traduzida por Altura, Duração e Área, porque relaciona as variáveis Altura da chuva, Área atingida pela chuva e Duração da chuva (WMO, 1969). Como resultado de uma análise DAD é obtida uma curva DAD, que expressa, graficamente, a relação entre a diminuição progressiva da altura média da chuva em uma área progressivamente crescente. A curva inicia em uma área pequena, no núcleo da parte mais intensa da chuva, e se expande para fora até suas bordas, considerando uma determinada duração da chuva.

---

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

As curvas DAD de diferentes eventos de uma mesma região climática podem ser comparadas entre si, mesmo que os eventos não ocorram exatamente no mesmo local. A análise dessas curvas resulta na determinação da envoltória máxima das curvas DAD para a mesma região climática, representando a maior precipitação já registrada para uma determinada duração em várias escalas espaciais. Nesse trabalho foram realizadas análises DAD de chuvas extremas ocorridas no Brasil entre 1961 e 2024, incluindo as recentes e catastróficas chuvas ocorridas no RS. Foi avaliado o impacto do método de interpolação, que pode variar de dados em grade a dados pontuais interpolados, sob as chuvas extremas registradas no Brasil, sendo importantes para determinar a distribuição espacial das chuvas dentro da região de estudo.

## **METODOLOGIA**

A metodologia aplicada neste estudo envolveu a comparação dos resultados obtidos através da análise DAD do evento ocorrido entre abril e maio de 2024 no estado do RS, com a análise DAD das chuvas de 1961 a 2022 em todo o território brasileiro localizado ao Sul do paralelo 10S. Este estudo foi dividido em três etapas: a primeira focou na construção da curva DAD para a chuva de 2024 no RS, a segunda na elaboração da curva DAD para o Centro-Sul do Brasil com bases em dados de 1961 a 2022, e a terceira na comparação dessas curvas para identificar tendências e variações.

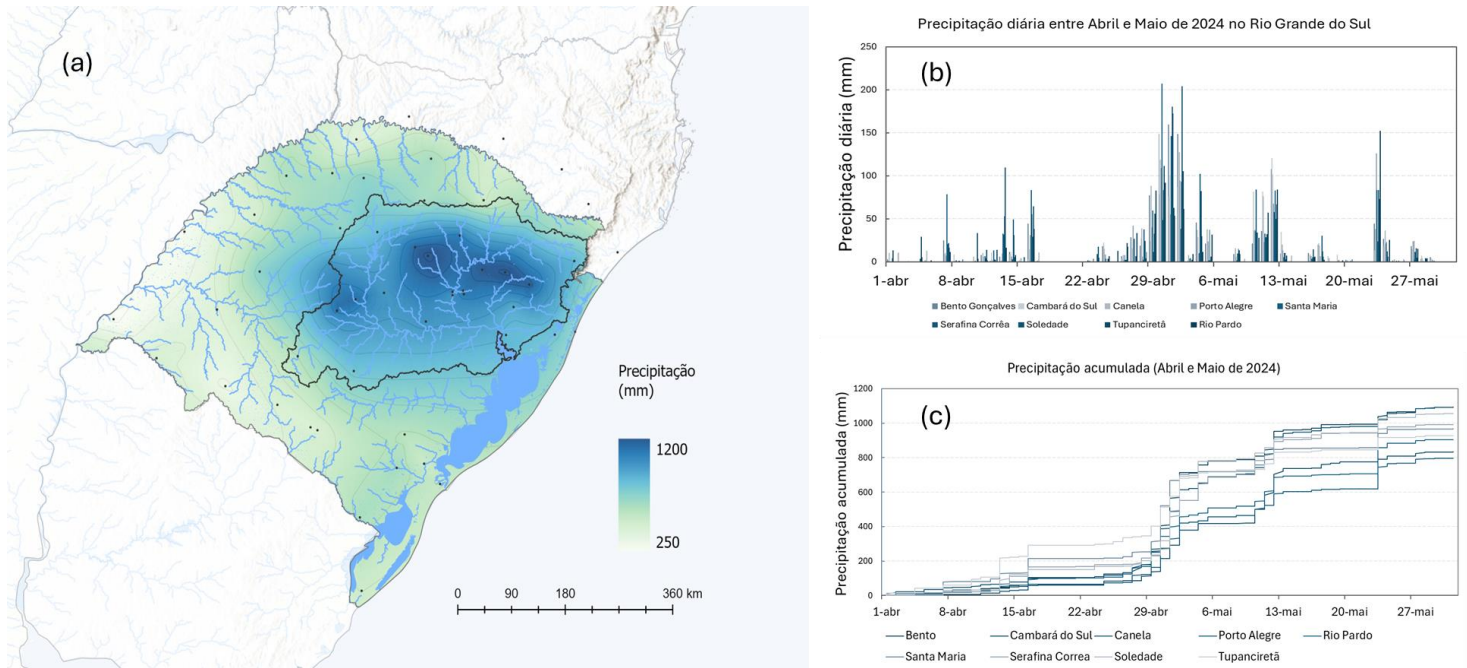
Os dados de precipitação foram coletados de fontes como o CEMADEM, INMET, Hidro Telemetria e SGB, e postos pluviométricos foram selecionados com base em quantidade de falhas de observação e coerência com dados de postos vizinhos. A chuva acumulada foi calculada para períodos de 3, 5, 7 e 14 dias, seguida pela interpolação desses dados, pela geração de isoietas e pelo cálculo da área e da precipitação média acumulada em polígonos definidos pelas isoietas. Para elaborar a curva Depth Area Duration (DAD) do Brasil de 1961 a 2022, foram utilizados os dados de precipitação diária em grade, fornecidos por Xavier et al., (2022). Inicialmente, foram separados os dados de uma região de interesse. Posteriormente, os dados de grade foram acumulados em períodos de 3, 5, 7 e 14 dias. Ao final, as áreas impactadas por grandes eventos de chuva e a altura média de chuva foram calculadas empregando a técnica proposta por Wongchuig-Correa et al. (2019).

O método de Wongchuig-Correa et al. (2019) foi implementado usando a linguagem M no MATLAB, focando no seguimento espacial dos pixels de chuva vizinhos a um núcleo inicial de alta precipitação de forma gradualmente descendente (no valor de precipitação) considerando a vizinhança mais próxima. A partir da definição de um núcleo inicial de chuva intensa, novos pixels são adicionados progressivamente, escolhendo-se sempre o pixel com maior valor de chuva vizinho ao núcleo. Para cada pixel agregado, recalculamos tanto a área total afetada pela chuva quanto a média da precipitação naquela região. Por último, destacamos os eventos que apresentaram as maiores médias de precipitação, considerando cada duração e extensões de áreas afetadas.

## **RESULTADOS**

### **Caracterização das chuvas intensas de abril e maio de 2024 no Rio Grande do Sul**

O desastre hidrometeorológico ocorrido no Rio Grande do Sul foi causado por chuvas muito intensas e prolongadas, e que atingiram uma vasta região de forma quase simultânea (**Figura 1a**). Até o dia 28, o mês de abril já apresentava chuva acima da média em boa parte do estado, especialmente no quadrante nordeste. A partir do dia 29 de abril a precipitação aumentou de intensidade, e prosseguiu assim até o dia 05 de maio. Uma semana depois, nos dias 11 e 12 de maio, uma nova precipitação intensa atingiu praticamente toda a região de contribuição dos rios Jacuí, Taquari, Caí e Sinos (**Figura 1b**). Os acumulados de chuva entre abril e maio, principalmente sobre a bacia hidrográfica do Guaíba, indicam valores superiores a 1000 mm em diversas regiões do estado (**Figura 1c**).



**Figura 1.** Campos de precipitação acumulada entre os dias 01 de abril e 31 de maio de 2024 no Rio Grande do Sul com base em observações das redes meteorológicas do INMET, CEMADEM e ANA (a); precipitação diária (b) e precipitação acumulada em estações automáticas do INMET em locais selecionados.

Nos itens que seguem, a chuva de abril e maio de 2024 é mais bem caracterizada em termos de valores máximos observados em pontos individuais, e da distribuição temporal e espacial da chuva. Ao final, é apresentada a análise DAD, com os valores de chuva em diferentes áreas atingidas e em diferentes durações.

### Análise da DAD das chuvas extremas do Brasil

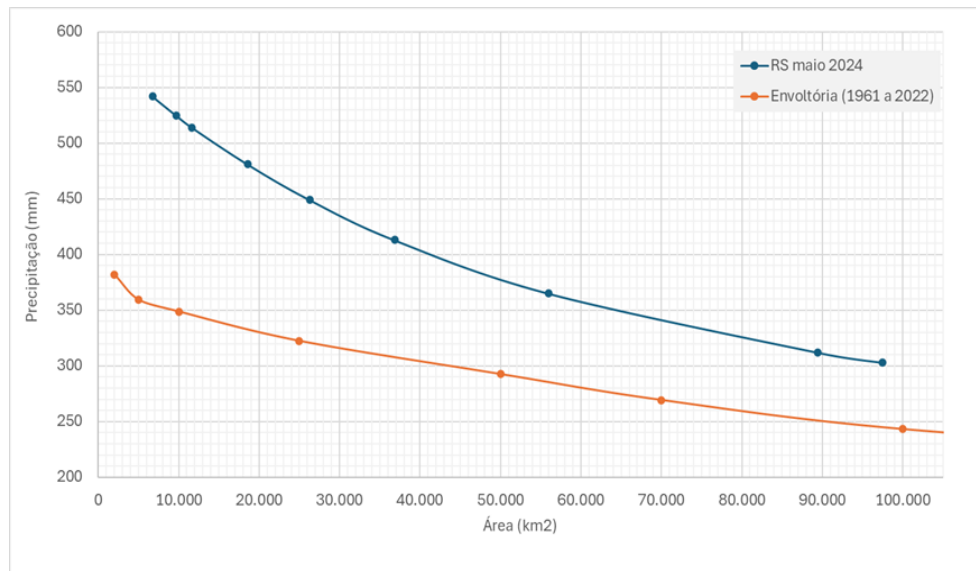
A curva DAD resultante da análise do evento de precipitação ocorrido no RS entre o final de abril e o início de maio de 2024, foi comparada com a curva envoltória DAD dos maiores eventos de chuva identificados na base de dados de Xavier et al. (2022). A comparação foi realizada considerando as durações de 3, 5, 7 e 14 dias. Durante o período de três dias, de 30 de abril a 2 de maio de 2024, foi registrada uma precipitação de aproximadamente 520 mm no Rio Grande do Sul, em uma área de 10.000 km<sup>2</sup>. Esse volume é quase 50% superior ao valor de 349 mm, determinado a partir da análise de dados por Xavier et al. (2022).

Em outras escalas espaciais, variando de um pouco menos de 10.000 km<sup>2</sup> até quase 100.000 km<sup>2</sup>, o evento de abril e maio de 2024 no RS também excedeu os registros anteriores, conforme mostra a figura 2. Resultados como os da figura 2 foram obtidos para as durações de 5, 7 e 14 dias, com resultados semelhantes, sugerindo que o episódio de chuva intensa ocorrido no RS em 2024 pode ter sido o evento de chuva mais intenso já registrado no Brasil na escala espacial de 10.000 km<sup>2</sup> a 100.000 km<sup>2</sup>, e na escala temporal de 3 a 14 dias.

### CONCLUSÕES

A chuva intensa que resultou nas inundações em diversas cidades do RS em maio de 2024 não constitui um novo recorde de chuva pontual, porque chuvas mais intensas já foram medidas em

pluviômetros individuais em outros locais, como Pelotas em 2009 e Bertioiga e São Sebastião em 2023. Entretanto, quando analisada em uma grande região, com área entre 10.000 km<sup>2</sup> e 100.000 km<sup>2</sup>, e ao longo de 3 a 14 dias, a chuva observada recentemente no RS é, provavelmente, a maior chuva já observada no Brasil. Algumas análises ainda estão sendo realizadas para verificar se os dados de chuva em grade, disponibilizados por Xavier et al. (2022), são adequados para a análise de eventos extremos em grandes áreas.



**Figura 2.** Comparação entre a chuva de abril e maio de 2024 no RS e a envoltória das curvas DAD considerando os dados de Xavier et al. (2022) e regiões ao Sul de 10° Sul, (duração da chuva de 3 dias).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I. R. D. A., STEINMETZ, S.; REISSER JR, C., & ALBA, J. M. F. (2009). “Eventos chuvosos extremos: monitoramento de recorde pluviométrico no município de Pelotas-RS”. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. Mudanças climáticas, recursos hídricos e energia para uma agricultura sustentável. Belo Horizonte: SBA: UFV: Embrapa Milho e Sorgo.
- MARENGO, J. A., CUNHA, A. P., SELUCHI, M. E., CAMARINHA, P. I., DOLIF, G., SPERLING, V. B., ... & Gonçalves, D. (2024). “Heavy rains and hydrogeological disasters on February 18th–19th, 2023, in the city of São Sebastião, São Paulo, Brazil: from meteorological causes to early warnings”. *Natural Hazards*, 1-28.
- SALDANHA, C. B., COLLISCHONN, W., MARQUES, M. G., STEINMETZ, S., ALMEIDA, I. R. D., & REISSER JÚNIOR, C. (2012). “O evento de chuva intensa de janeiro de 2009 sobre a região de Pelotas-RS.” *RBRH: Revista brasileira de recursos hídricos*. Porto Alegre, RS. Vol. 17, n. 2 (abr./jun. 2012), p. 255-265.
- XAVIER, A. C., SCANLON, B. R., KING, C. W., & ALVES, A. I. (2022). “New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020)”. *International Journal of Climatology*, 42 (16), 8390– 8404. <https://doi.org/10.1002/joc.7731>
- WMO. (2009). Manual on estimation of probable maximum precipitation (PMP). World Meteorological Organization.
- WONGCHUIG C., SLY; FLEISCHMANN, A. S. ; BREDAS, J. P. ; FAN, F. ; COLLISCHONN, W. “ Identificacao de eventos extremos atraves da geracao automatica de curvas depth-area-duration (dad) com dados de precipitacao em grade”. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçu. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.
- World Meteorological Organization. (1969). Manual for Depth-area-duration Analysis of Storm Precipitation: This Publication is a Part of the Contribution of WMO to the International Hydrological Decade. World Meteorological Organization.