AVALIAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO DO CEARÁ

Daniel Conceição do Nascimento [1]; Julliany P. Rocha [2];Filipe C. Lemos[3];Emanuel G. Soares[4]; Cinthia M. de A. Claudino[5]; Victor H. R. Coelho[6]; Emerson da S. Freitas[7]; Germano G. R. Neto [8] & Cristiano das N. Almeida [9]

Palavras-Chave – Precipitação extrema;Eventos meteorológicos extremos; Análise espaço-temporal

INTRODUÇÃO

A ocorrência de eventos extremos de precipitação tem provocado impactos significativos em diversas regiões do Brasil, resultando em inundações, deslizamentos e prejuízos socioeconômicos. Eventos recentes, como as chuvas extremas registradas no Rio Grande do Sul em 2024, evidenciam a necessidade de aprimorar os sistemas de monitoramento hidrometeorológico e a compreensão dos mecanismos associados às chuvas intensas (Collischonn *et al*.,2024).

Nesse cenário, o estado do Ceará destaca-se nacionalmente por possuir uma das maiores densidades de postos pluviométricos do país, ocupando a quarta posição no ranking nacional de densidade (uma estação para cada 131 km²) (Barbosa, 2024). A rede é operada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), responsável pelo monitoramento hidrometeorológico do estado. Os dados gerados por essa infraestrutura subsidiam o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em uma região marcada pela elevada variabilidade das precipitações.

Estudos realizados no Nordeste brasileiro demonstram que os eventos extremos de precipitação apresentam elevada variabilidade espacial e temporal, estando associados a importantes impactos hidrológicos e socioambientais, conforme observado por Correia Filho, Lucio, Spyrides (2016). No estado do Ceará, Monteiro, Zanella (2019) identificaram episódios de chuvas intensas capazes de provocar inundações, alagamentos e prejuízos significativos à população. Além disso, Maia, Nascimento, Pinheiro (2017) evidenciaram a importância da caracterização estatística das precipitações máximas para a compreensão da dinâmica hidrológica em regiões semiáridas.

Entretanto, apesar da elevada densidade da rede, a análise de eventos extremos requer metodologias que garantam a qualidade e a consistência dos registros, uma vez que falhas de medição, lacunas temporais e inconsistências podem comprometer a confiabilidade dos estudos hidrológicos. Nesse contexto, procedimentos de controle e validação de dados tornam-se fundamentais para a identificação adequada das precipitações máximas e para a redução de incertezas nas análises (Meira *et al*.,2022; Barbosa, 2024).

Dessa forma, este estudo realiza um diagnóstico exploratório das precipitações máximas diárias registradas pela Funceme, avaliando as consistência dos registros, validando eventos de elevada magnitude, como precipitações superiores a 280 mm em um único dia e busca identificar padrões

1) Graduando no Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, daniel.conceicao@academico.ufpb.br
2) Graduanda no Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, julliany.pereira@academico.ufpb.br
3) Doutorando, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), filipe_carvalho_l@hotmail.com
4) Mestrando, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), emanuel.gomes@academico.ufpb.br
5) Pós-doutoranda, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), cinthiaariaac@gmail.com
6) Professor Dr., Universidade Federal da Paraíba (UFPB), victor.coelho@academico.ufpb.br.
7) Professor Dr., Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Campus Picuí, emerson.sfreitas@hotmail.com
8) Professor Dr. Visitante Universidade Federal da Paraíba (UFPB, germano.ribeiro@ct.ufpb.br
9) Professor Dr., Universidade Federal da Paraíba (UFPB), almeida74br@yahoo.com.br

espaciais e temporais dos eventos extremos de chuva no estado do Ceará, contribuindo para o aprimoramento das bases de dados utilizadas em estudos hidrológicos e de gestão de riscos associados a eventos meteorológicos extremos.

METODOLOGIA

A pesquisa baseou-se no processamento e na análise exploratória de séries temporais de precipitação utilizando a linguagem de programação Python e as bibliotecas Pandas, GeoPandas e Matplotlib para manipulação, análise e visualização dos dados. Foram utilizados dados da rede pluviométrica da Funceme, composta por 840 estações distribuídas no estado do Ceará de 01/05/1973 a 31/12/2025. Inicialmente, realizou-se a importação, organização e tratamento dos dados, incluindo a remoção de valores que indicam falta de registro e dia inexistente do mês de referência, respectivamente (999 e 888). Em seguida, foi aplicado um filtro para a identificação da precipitação máxima diária anual de cada estação, variável de interesse deste estudo (Figura 1).

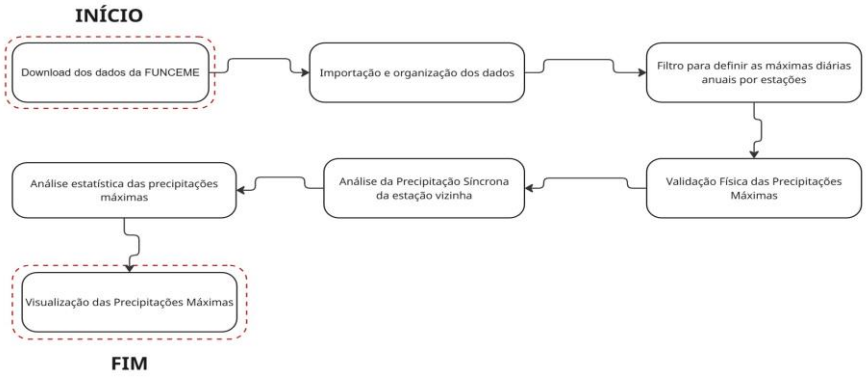


Figura 1. Etapas de processamento e validação das precipitações máximas diárias. Fonte: autoria própria

A confiabilidade dos valores máximos foi verificada por meio de uma validação física baseada na análise de precipitação síncrona entre estações vizinhas, permitindo identificar possíveis inconsistências ou comportamentos atípicos nos registros (Meira *et al*., 2022). Além disso, eventos extremos históricos foram conferidos em registros jornalísticos da época de ocorrência. Por fim, realizou-se a análise estatística das precipitações máximas por meio de medidas descritivas e representações gráficas, incluindo histogramas, boxplots e mapas temáticos agregados por município, possibilitando avaliar a distribuição temporal e espacial dos eventos extremos no Ceará.

RESULTADOS

O diagnóstico revelou um aumento expressivo de 36,9% na quantidade de estações partir dos anos 2000, indicando uma ampliação e modernização da rede de monitoramento cearense (Figura 2a). De acordo com a distribuição dos registros, foram detectados 3 eventos que superaram ou igualaram os 280 mm/dia nas datas 01/01/2004, 01/01/2015 e 02/01/2021 (Figura 2b). Desses 3 eventos, dois foram validados (01/01/2004 e 01/01/2015), com base em notícias e repostagens disponíveis no portal do jornal do cariri (https://jornaldocariri.com.br/maior-chuva-do-ceara-ocorreu-em-crato-ha-quase-20-anos/) e no g1 (https://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/01/chuva-chegou-148-milimetros-em-fortaleza-segundo-funceme.html). Já em relação aos demais valores, a distribuição de frequência (Figura 2c) evidenciou uma alta concentração de precipitações máximas diárias na faixa de 50 a 100 mm, com uma menor frequência de ocorrência de valores superiores a esse patamar. Ainda na Figura 2d, é possível verificar uma tendência de crescimento dos valores de precipitação máxima registrados no Ceará. Os dados evidenciam que, após 2001, ao menos seis postos registraram precipitações maiores ou iguais a 250 mm/dia. Esse valor não foi registrado em nenhuma estação no período entre 1973 e 2000. Dentro do conjunto de eventos analisados, o maior número de ocorrências concentra-se

nos meses de janeiro e fevereiro, influenciado principalmente pela Zona de Convergência Intertropical (Xavier *et al*.,2003).



Figura 2. Análise das precipitações máximas (a) Quantidade estações com precipitação máxima, (b) Meses com maiores precipitações, (c)Histograma das máximas e (d) Maiores precipitações máximas por ano. Fonte: autoria própria.

Em relação à distribuição espacial da máxima diária, os mapas temáticos permitem associar os riscos hidrológicos às unidades administrativas do estado e evidenciam que a ocorrência dos eventos extremos no Ceará é heterogênea, havendo eventos de maior magnitude em praticamente todo o território do Estado (Figura 3a). Em relação aos valores mais extremos (Figura 3 b-c), considerando o período avaliado, o município de Crato foi destaque, com registro de 290 mm/dia, ocorrida em 01/01/2004. Já a capital do Estado, Fortaleza, ocupa a 8ª posição no ranking, com o volume de 250 mm no dia 01/01/2002.

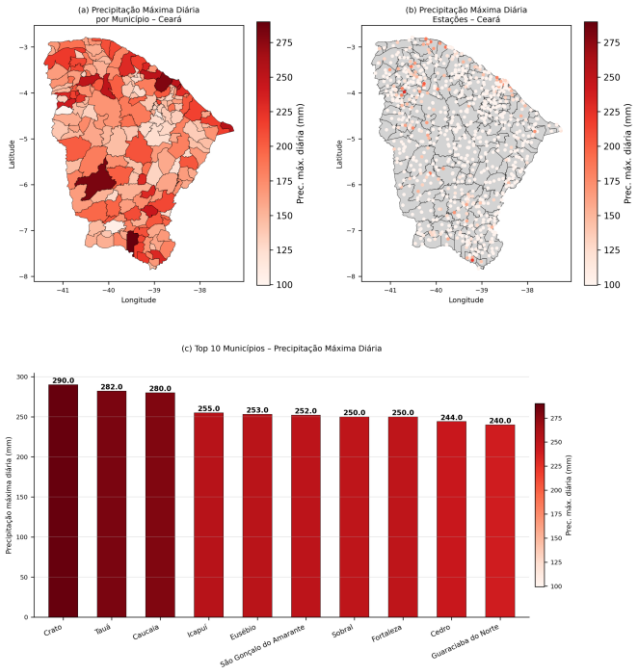


Figura 3. Mapas temáticos das máximas (a)Maior precipitação máxima por município, (b) Estações com maiores precipitações e (c)Ranking das Precipitações máximas por municípios. Fonte: autoria própria.

CONCLUSÕES

O diagnóstico das precipitações máximas diárias da rede da Funceme evidenciou padrões relevantes dos eventos extremos de chuva no Ceará, destacando a ocorrência de registros superiores a 200 mm/dia e a importância da validação dos eventos mais intensos. Verificou-se o aumento da disponibilidade de dados a partir dos anos 2000, associado à expansão da rede pluviométrica, bem como maior frequência de precipitações entre 50 e 100 mm e crescimento dos registros acima de 250 mm/dia após 2001. Os resultados confirmam a consistência da base de dados da Funceme para estudos de extremos de precipitação e indicam potencial para ampliação da metodologia a outras redes pluviométricas brasileiras, visando a construção de uma base nacional integrada.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. Maior chuva do Ceará ocorreu em Crato há quase 20 anos. Jornal do Cariri, 2 mar. 2023. Disponível em: https://jornaldocariri.com.br/maior-chuva-do-ceara-ocorreu-em-crato-ha-quase-20-anos/. Acesso em: 19 jun. 2026.

BARBOSA, J. L. V. (2024). *Brazilian daily rainfall gridded data from a quality controlled dataset*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 50 p.

CHUVA chegou a 148 milímetros em Fortaleza, segundo Funceme. G1 Ceará, 3 jan. 2015. Disponível em: https://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/01/chuva-chegou-148-milimetros-em-fortaleza-segundo-funceme.html. Acesso em: 19 jun. 2026.

COLLISCHONN, W.; CABELEIRA, R.; RAMALHO, N.; RUHOFF, A.; PAIVA, R. C. D.; FAN, F.; WONGCHUIG, S.; BREDA, J. (2024). "Chuvas sem precedentes de abril a maio de 2024 no Sul do Brasil definem novo recorde". *SciELO Preprints*.

CORREIA FILHO, W. L. F.; LUCIO, P. S.; SPYRIDES, M. H. C. (2016). "Caracterização dos extremos de precipitação diária no Nordeste do Brasil". *Boletim Goiano de Geografia*, v. 36, n. 3, p. 539–554.

Funceme – Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos (2025). *Postos pluviométricos*. Disponível em: https://www.Funceme.br/?page_id=2694. Acesso em: 28 mai. 2026.

HIDALGO, J. C. G.; BEGUERÍA, S.; ANGULO, D. P.; BLANCO, V. T. (2025). "Catalogue and Analysis of Extraordinary Precipitation Events in the Spanish Mainland, 1916–2022". *International Journal of Climatology*.

MAIA, B. M. A.; NASCIMENTO, F. R.; PINHEIRO, F. S. A. (2017). "Análise da precipitação e eventos extremos em região semiárida: o caso da sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará - Brasil". *Geografias*, v. 13, n. 1, p. 78–95.

MEIRA, M. A.; FREITAS, E. S.; COELHO, V. H. R.; TOMASELLA, J.; FOWLER, H. J.; RAMOS FILHO, G. M.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, C. N. (2022). "Quality control procedures for sub-hourly rainfall data: An investigation in different spatiotemporal scales in Brazil". *Journal of Hydrology*, v. 613, p. 128358.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. (2019). "Eventos extremos no estado do Ceará, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos no mês de março de 2019". *GeoTextos*, v. 15, n. 2, p. 13–38.

XAVIER, A. F. S.; SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS, P. L.; XAVIER, T. M. B. S. Interrelações entre eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 2, p. 111–126, 2003.

AGRADECIMENTOS.

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da UFPB, ao CNPq, à FACEPE pela bolsa do Programa de Bolsas de Fixação de Pesquisadores, à Funceme pelos dados disponibilizados.