PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS E A INCERTEZA NO CÁLCULO DA CHUVA DE PROJETO

Thales Bruno Rodrigues Lima [1]; Bruno Silva Pereira [2]; Lucas Gabriel Marques Barroso [3] & Pedro Henrique Augusto Medeiros [4]

Palavras-Chave – Série anual, Função densidade de probabilidade, Período de retorno.

INTRODUÇÃO

A variabilidade pluviométrica espacial e temporal é uma característica climática marcante das zonas semiáridas. O Estado do Ceará, predominantemente inserido no semiárido brasileiro, é uma área que exemplifica essa característica (Rolim, Souza Filho, 2026). Observa-se a variação não somente nos valores de precipitação acumulados na escala anual, mas também nas precipitações máximas diárias. Em virtude da escassez de registros de chuva em escalas subdiárias, as chuvas máximas diárias são fundamentais para a determinação da chuva de projeto a ser considerada no dimensionamento dos sistemas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) e em obras hídricas implementadas em áreas rurais tais como sistemas de irrigação e reservatórios.

Tem-se no Ceará postos pluviométricos centenários (Nunes, Medeiros, 2020) que possibilitam a construção de séries históricas de precipitação máxima diária com uma quantidade satisfatória de dados e que captem os eventos extremos em períodos com anos de secas e de cheias. As séries observadas são comparadas com as funções de densidade de probabilidade a fim de modelar a frequência de eventos extremos (Naguettini, Pinto, 2007). Gumbel, Gumbel-Chow, Log-Pearson Tipo III, Normal, Log-Normal, Gama, Harmônica, Beta e Weibull são exemplos de modelos de funções de densidade de probabilidade (fdp) utilizadas na representação do fenômeno hidrológico chuva máxima diária. Duarte *et al*. (2024) apontam que eventos extremos máximos são descritos mais adequadamente pela distribuição de Gumbel. A indicação da fdp de melhor ajuste é conduzida a partir de testes de aderência que avaliam o ajuste fornecido por uma dada fdp às frequências pontuais de uma série histórica de dados máximos ou mínimos. Anderson-Darling (AD), Qui-Quadrado (X^2), Kolmogorov-Smirnov (KS) e Filliben são exemplos de testes de aderência usuais em hidrologia (Naguettini, Pinto, 2007).

Nessa perspectiva, o presente trabalho objetivou analisar se a fdp Gumbel apresenta o melhor ajuste para séries anuais de precipitação máxima diária e avaliar o efeito do tamanho da série na variação do cálculo da chuva de projeto para diferentes períodos de retorno a partir da fdp de melhor ajuste aos dados observados em postos situados em diferentes domínios morfoclimáticos do Estado do Ceará.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo foram selecionadas as chuvas máximas anuais de postos pluviométricos de municípios com registro centenário (tamanho da amostra n superior a 100 dados/anos) e situados nos diferentes domínios morfoclimáticos do Estado do Ceará (148.825,6 km²): litoral (Fortaleza com 115 valores observados), sertão (Crateús e Quixeramobim, 110 e 114,

1) Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús, thales@crateus.ufc.br
2) Universidade de Brasília, brunopereiraengambiental@gmail.com
3) Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús, lgmb0172@alu.ufc.br
4) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, phamedeiros@ifce.edu.br

respectivamente), serra (Ibiapina com 113) e chapada (Crato com 114). As séries históricas de precipitação são provenientes do Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas) (ANA, 2026) e dos dados dos postos pluviométricos do Ceará operados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (http://www.funceme.br/?page_id=2694) (Funceme, 2026). Os registros foram iniciados na década de 1910. Construiu-se séries de 30, 50 e com todos os dados disponíveis para cada um dos postos. Para as séries com 30 e 50 valores, adotou-se um intervalo de 5 dados de uma série para outra. Assim, a primeira série emprega do primeiro ao trigésimo dado (série de 30 dados) enquanto a segunda vai do sexto ao trigésimo quinto dado. E assim por diante. Procedimento semelhante foi executado para as séries com 50 dados. Após a construção do conjunto das séries históricas, empregou-se o *software* CumFreq (*Cumulative frequency analysis with probability distribution fitting*) para determinar qual a função densidade de probabilidade (fdp) melhor descreve a distribuição de probabilidade de cada uma das séries de precipitação máxima anual. A diferença absoluta (%) entre os valores observados e calculados da frequência acumulada é a métrica adotada pelo CumFreq para ranquear as fdp. A partir da identificação da fdp de melhor ajuste, calcula-se no próprio *software* CumFreq a magnitude (mm) da chuva de projeto para os tempos de retorno (Tr) de 2, 5, 10, 50 e 100 anos das diferentes séries históricas.

RESULTADOS

No tocante ao conjunto de séries históricas com 30 dados, tem-se que a fdp Gumbel exibiu o melhor ajuste em pelo menos uma das séries nos Postos de Crateús, Crato e Quixeramobim. Para Fortaleza e Ibiapina, a fdp da distribuição de Laplace, exponencial dupla, exibiu o melhor ajuste com maior frequência. Já em relação ao conjunto de séries históricas com 50 dados, a fdp Gumbel exibiu o melhor ajuste em pelo menos uma das séries nos Postos de Crateús, Crato e Ibiapina. As séries de Fortaleza melhor se ajustaram a fdp de Dagum enquanto as séries de Quixeramobim melhor se ajustaram a distribuição de valor extremo generalizado (GEV *distribution*). Tomando as séries completas que variaram de 110 a 115 valores observados, a fdp de melhor ajuste foi a Gumbel Generalizada, Laplace Generalizada, Log-Normal Otimizada, GEV *distribution* e Log-Normal Padrão para os municípios de Fortaleza, Crateús, Quixeramobim, Ibiapina e Crato, respectivamente.
A partir da fdp de melhor ajuste para cada série de dado é possível calcular a chuva de projeto para diferentes Tr de interesse para o planejamento dos sistemas de DMAPU. Na Figura 1 tem-se a variação da chuva de projeto para diferentes Tr dos postos investigados para séries históricas de 30, 50 e superior a 100 anos. Para o Tr de 2 anos, a chuva de projeto de Crateús e Quixeramobim situa-se entre 50 e 100 mm independentemente do tamanho da série. Esses valores são inferiores aos demais postos. Ambos os postos estão situados no sertão, semiárido cearense. Assim, exibem médias pluviométricas inferiores às demais regiões investigadas. A partir da Figura 1, é possível constatar que de modo geral a maior variação da chuva de projeto é calculada para as séries com 30 dados. O aumento no número de dados disponíveis para a composição de uma série histórica de eventos de precipitação máxima em escala anual reduz a magnitude da variação da chuva de projeto para diferentes períodos de retorno. Observa-se no posto de Fortaleza para um período de retorno de 50 anos que as séries de 30 dados exibem uma variação da chuva de projeto que supera os 100 mm enquanto nas séries de 50 dados essa variação não supera os 50 mm. Diferença acentuada em virtude do tamanho da série para um Tr de 50 anos também foi evidenciada em Crateús e Quixeramobim.
Já no Posto Ibiapina, embora registre-se um *outlier* na série com 30 dados, tem-se uma variação de mesma magnitude da chuva de projeto para as séries com 30 e 50 dados. Portanto, o aumento no número de dados para a composição da série histórica de máximos anuais não reduz de modo significativo a variabilidade da chuva de projeto.

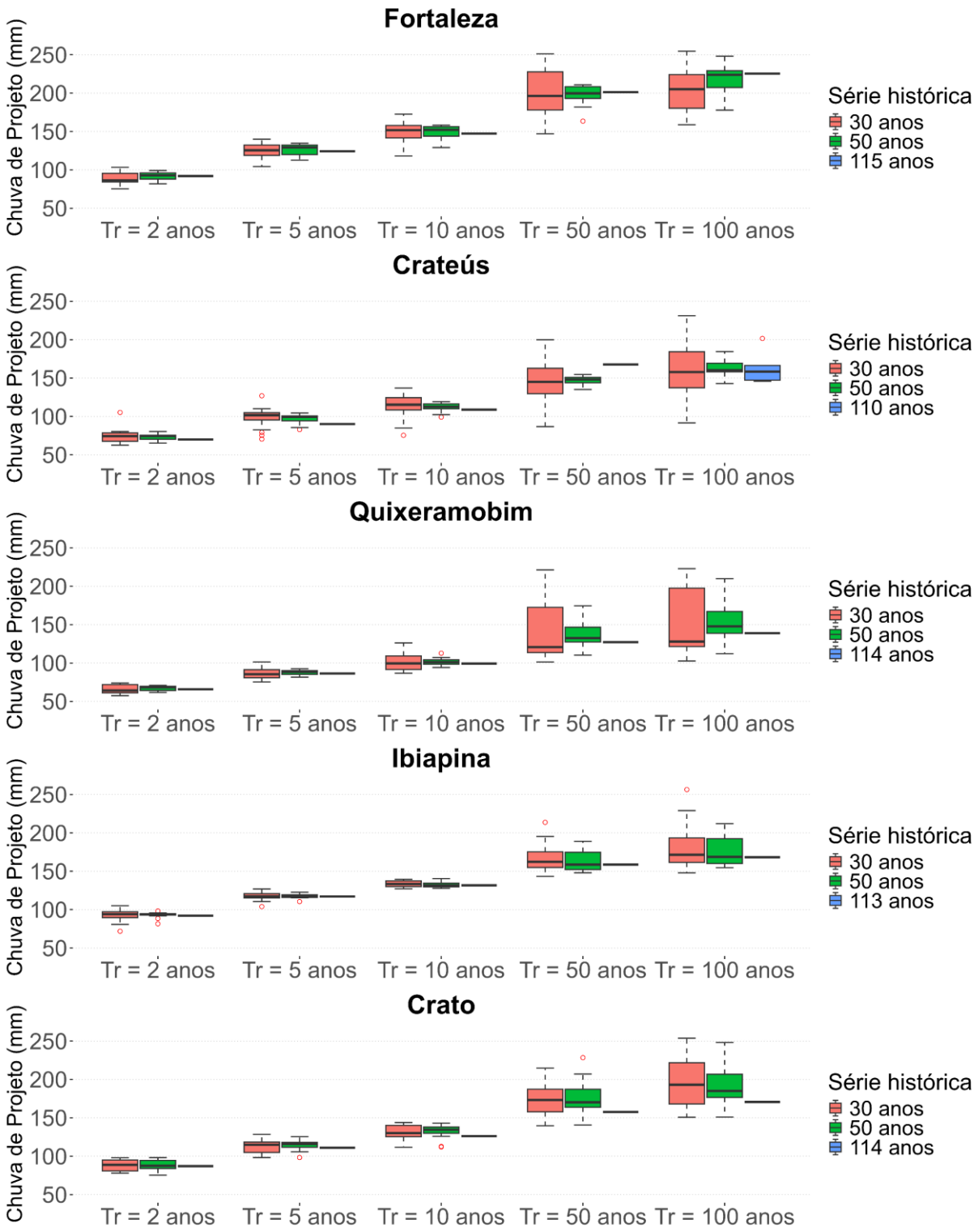


Figura 1. Boxplot da chuva de projeto nos municípios de análise. Fonte: autoria própria.

CONCLUSÕES

A partir de séries históricas de precipitação máxima diária (n > 100) de postos pluviométricos localizados em regiões com diferentes precipitações médias, conclui-se que: a fdp Gumbel exibe o melhor ajuste para um conjunto de séries compostas com 30 e 50 dados, mas não é a fdp de melhor ajuste para as séries completas de todos os postos; tem-se uma maior incerteza no cálculo da chuva de projeto com a adoção de séries com um menor número de dados; a manutenção do monitoramento hidrometeorológico é essencial para que o planejamento e a execução de obras hídricas utilize séries históricas com uma quantidade de dados satisfatória a fim de reduzir a incerteza no cálculo da chuva de projeto.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Séries Históricas de Estações**. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Acesso em: 10 maio 2026.

CUMFREQ: CUMULATIVE FREQUENCY ANALYSIS WITH PROBABILITY DISTRIBUTION FITTING. Disponível em: https://www.waterlog.info/cumfreq.htm. Acesso em: 10 maio 2026.

DUARTE, S. N.; DE ARAÚJO, J. C.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. (2024). "*Análise de Eventos Extremos*", in Hidrologia: conceitos e exercícios com aplicações práticas. Fealq, Piracicaba/SP, pp. 355-391.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Postos Pluviométricos**. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em: 14 maio 2026.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística*. CPRM, Belo Horizonte/MG, 552 p.

NUNES, L. F. C. V.; MEDEIROS, P. H. A. (2020). "Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade". Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 17, e. 18, p. 1-14.

ROLIM, L.Z.R.; DE SOUZA FILHO, F. A. (2026). "Analyzing rainfall and streamflow variability in semi-arid Ceará: the role of climate drivers". Theoretical and Applied Climatology, v. 157, n. 149, p. 1 – 20.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Ceará – Campus Crateús e ao Comitê da Bacia Hidrográfica dos Sertões de Crateús (CBHSC).