

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### ANÁLISE DAS CHUVAS INTENSAS NA BACIA DO MÉDIO JAGUARIBE NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ

*Monaliza Araújo de Santana<sup>1</sup>; Aline Maria Soares das Chagas<sup>1</sup>; Mariana Caroline Gomes de Lima<sup>1</sup>; Thayná Alice Brito Almeida<sup>1</sup>; Tamiris Luana da Silva<sup>1</sup>; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro<sup>1</sup>; Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva<sup>1</sup>; Raul Gomes da Silva<sup>2</sup>; Rennan Cabral Nascimento<sup>2</sup>.*

**Abstract:** The analysis of rainfall distribution in semi-arid regions is essential for understanding hydrological processes and mitigating the impacts of extreme events, which increase the vulnerability of these regions and demands efficient water planning. In this context, the Gumbel distribution stands out as a valuable tool for estimating intense rainfall. This study aimed to analyze the rainfall distribution over a 26-year period (1998 to 2024) in the sub-basin of the Jaguaribe River, using the Gumbel method to model extreme events, disaggregate rainfall, and adjust the parameters of the intensity-duration equation. For this purpose, rainfall data from three stations (São Vicente, Jaguaribe, and Pereiro) were used. The analysis involved the estimation of maximum rainfall for different return periods, rainfall disaggregation, and adjustment of Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves. The results revealed high spatial and temporal variability in rainfall, with peak events concentrated between February and May. The Gumbel distribution proved satisfactory, with  $R^2$  values exceeding 0.96 in all stations. The adjusted IDF curves showed  $R^2$  values above 0.99, indicating high accuracy in estimating rainfall intensity for different durations. It is concluded that the use of the Gumbel distribution is effective for predicting extreme events, being essential for hydrological risk management and supporting actions to mitigate the effects of climate change and desertification, in alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs).

**Resumo:** A análise da distribuição de chuvas em regiões semiáridas é essencial para compreender processos hidrológicos e mitigar impactos dos eventos extremos, que intensificam a vulnerabilidade dessa região, exigindo planejamento hídrico eficiente. Dessa forma, a distribuição de Gumbel destaca-se como ferramenta na estimativa de chuvas intensas. Este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição de chuvas ao longo de 26 anos (1998 a 2024) na bacia do rio Jaguaribe, utilizando o método de Gumbel para modelagem de eventos extremos, a desagregação de chuvas e o ajuste dos parâmetros da equação de intensidade de chuvas. Para isso, foram utilizados dados pluviométricos de três estações (São Vicente, Jaguaribe e Pereiro). A análise envolveu a estimativa de chuvas máximas para diferentes tempos de retorno, desagregação das chuvas e ajuste das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF). Os resultados revelaram elevada variabilidade espacial e temporal das chuvas, com eventos máximos concentrados nos meses de fevereiro a maio. A distribuição de Gumbel demonstrou ser satisfatório com  $R^2$  superiores a 0,96 em todas as estações. As curvas IDF ajustadas apresentaram  $R^2$  acima de 0,99 indicando alta precisão na estimativa da intensidade das chuvas em diferentes durações. Conclui-se que a utilização da distribuição de Gumbel é eficaz na previsão de eventos extremos, sendo essencial para o manejo de riscos hidrológicos

1) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola; Recife, PE, Brasil; e-mail: monaliza.araujo@ufrpe.br; alinemschagas@gmail.com; mariana.caroline@ufrpe.br; thayna\_tau@hotmail.com; tamirisluana84@gmail.com; montenegro.ufrpe@gmail.com; yuriufrpe@yahoo.com.br.

2) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência do Solo; Recife, PE, Brasil; e-mail: raul.gomes@ufrpe.br; rennancabral2@gmail.com

apoio ações de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e da desertificação, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

**Palavras-Chave** – Gumbel, chuvas intensas, semiárido.

## INTRODUÇÃO

Estudos de distribuição de chuvas são fundamentais para compreender o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, especialmente em bacias inseridas em regiões semiáridas onde existem áreas vulneráveis à desertificação, tornando possível melhor gerenciamento dos recursos hídricos e mitigação dos impactos ambientais, como a ocorrência de chuvas erosivas. Um dos métodos estatísticos mais utilizados em análises de distribuição de chuvas é a distribuição de Gumbel, que permite estimar as intensidades de chuva para diferentes períodos de retorno com uma determinada duração (Angel, 2024; Koutsoyiannis, 2003; Sasireka et al., 2019).

A desertificação resulta da interação entre fatores naturais e antrópicos. Conforme Razonable (2023), as principais causas incluem práticas agrícolas inadequadas, sobrepastoreio, desmatamento e exploração excessiva de recursos naturais e ausência de políticas de manejo sustentável. Além disso, em regiões semiáridas onde existe uma alta variabilidade temporal e espacial da precipitação, os efeitos das mudanças climáticas, como a intensificação de eventos extremos, agravam ainda mais esse necessário. Esses fatores, combinado com desigualdade social e falta de tecnologias apropriadas às localidades, comprometem a sustentabilidade e a qualidade de vida.

A bacia do rio Jaguaribe, localizada no estado do Ceará, é reconhecida por ser altamente susceptível à desertificação integrando uma das regiões mais críticas do semiárido brasileiro. Esse núcleo é um dos principais focos do processo de desertificação no estado, com impactos diretos sobre a produtividade agrícola e a disponibilidade de recursos hídricos (Gondim, 2012; Sousa et. al., 2021). Gameiro et al. (2022) ao avaliarem a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo para a bacia do rio Jaguaribe, destacaram que o aumento de áreas agrícolas levou à remoção da vegetação nativa da Caatinga, limitando a capacidade de regeneração natural dos ecossistemas e agravando o quadro de desertificação na região.

Nesse contexto, a análise da distribuição de chuvas intensas na bacia do rio Jaguaribe se torna fundamental para o planejamento de estratégias eficazes de adaptação à desertificação. A aplicação de método de distribuição de Gumbel permite modelar com precisão eventos extremos de precipitação, que impactam diretamente a segurança hídrica da região. De acordo com estudos de Batista et al. (2025), o uso desse método para análise de séries históricas de precipitações máximas em municípios cearenses demonstrou excelente desempenho estatístico, viabilizando a elaboração de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) confiáveis e tecnicamente robustas.

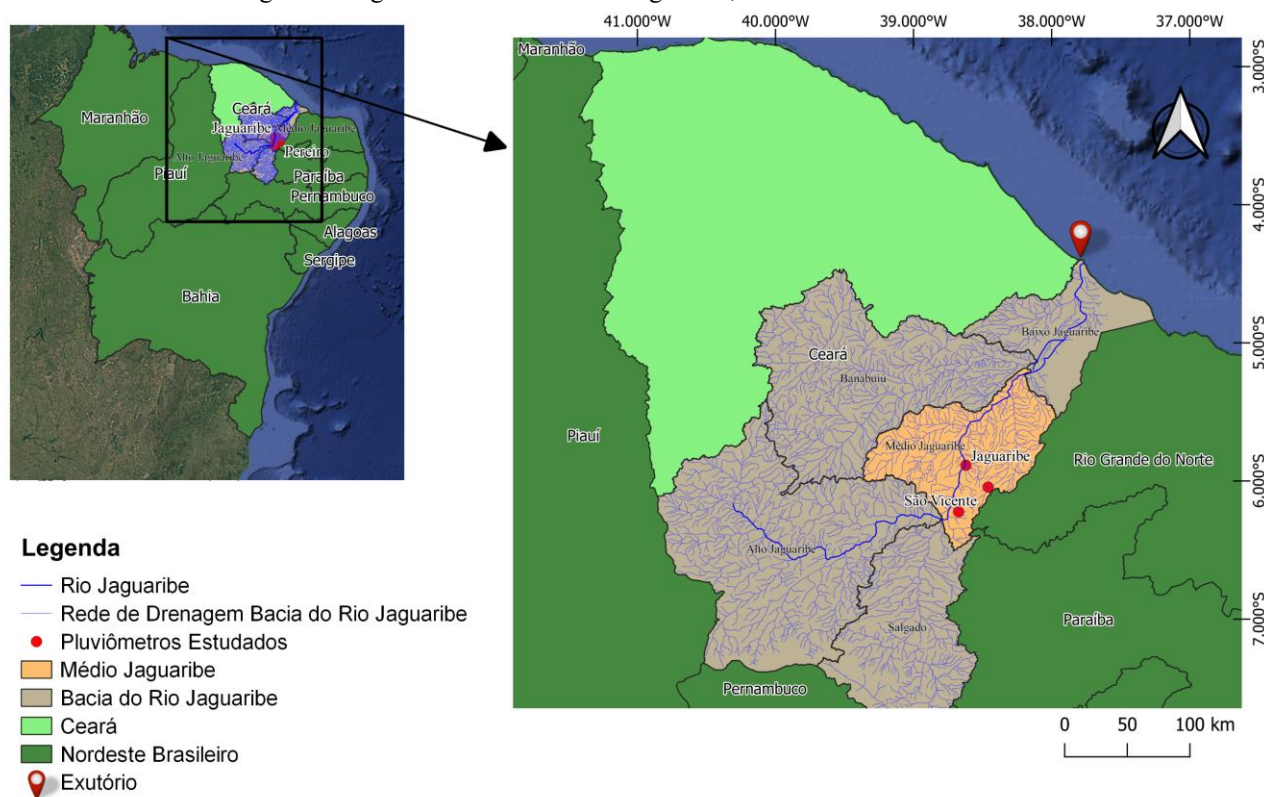
Diante dos objetivos associados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 15 da Agenda 2030 da ONU, que propõe “combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações”, esse trabalho teve como objetivo analisar a distribuição de chuvas ao longo de 27 anos (1998 a 2024) na bacia do rio Jaguaribe, utilizando o método de Gumbel para modelagem de eventos extremos, a desagregação de chuvas e o ajuste dos parâmetros da equação de intensidade de chuvas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Este estudo foi desenvolvido na bacia do rio Jaguaribe que possui uma área de drenagem de 75.140,44 km<sup>2</sup> considerando as sub bacias de Salgado e Banabuiú que contribuem no sistema hídrico do seu principal rio (Rio Jaguaribe) que possui uma extensão de 633km, sendo considerado o maior rio do estado do Ceará, tem sua nascente no município de Tauá e seu exutório é no Oceano Atlântico entre os municípios de Aracati e Fortim. A sub bacia estudada foi a do médio Jaguaribe localizada no semiárido nordestino, abrangendo uma área de 10.320,23 km<sup>2</sup> que corresponde a 7% do território cearense agrupando 13 municípios.

Figura 1. Região da bacia do Médio Jaguaribe, inserida no semiárido nordestino.



A região apresenta clima classificado como BSh segundo Köppen-Geiger, caracterizado como semiárido quente, com altas temperaturas e baixa umidade relativa. Conforme dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), os meses de março e abril concentram os maiores índices pluviométricos, embora o período chuvoso se estenda de janeiro a junho. A bacia do médio Jaguaribe apresenta níveis significativos de degradação ambiental, cerca de 81.189 hectares encontram-se comprometidos por processos de desertificação, sendo o município de Jaguaribe o mais afetado, com 23,54% de seu território sob impacto ambiental severo (Leite et al., 2003).

### Coleta e Análise de Dados

Neste estudo, foram utilizados dados pluviométricos provenientes de três postos da FUNCEME, sendo eles: São Vicente (código 495), Jaguaribe (código 74) e Pereiro (código 116), localizados nos municípios de Icó, Jaguaribe e Pereiro respectivamente, apresentadas na Figura 1. Para as três estações foram obtidos dados de chuva abrangendo o período entre janeiro de 1998 a dezembro de 2024, totalizando séries históricas de 27 anos. A Organização Mundial de Meteorologia

(OMM) recomenda a aplicação do método para séries históricas de 30 anos (WMO, 1989), todavia trabalhos realizados por Cotta et al., (2016) revelam bons ajustes utilizando a partir de 19 anos de dados pluviométricos.

### ***Método de Gumbel para análise de eventos extremos***

O método de Gumbel é uma distribuição estatística que permite estimar valores de eventos extremos em diferentes tempos de retorno, ou seja, o tempo que um evento pluviométrico pode ser igualado ou superado. Neste trabalho, foram avaliados tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Para a aplicação do modelo foi realizado a adequação dos dados por ordem decrescente de ocorrência e aplicado o teste com a determinação da probabilidade de ocorrência das chuvas máximas anuais, de acordo com a Equação 1. Este procedimento foi realizado para cada posto pluviométrico estudado na bacia do médio Jaguaribe. O valor de  $y$  para equação de probabilidade é obtido por meio da Equação 2 e os valores dos parâmetros  $\alpha$  e  $\mu$  são definidos pelas Equações 3 e 4.

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (1)$$

$$y = \alpha(X - \mu) \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{S_n}{S} \quad (3)$$

$$\mu = \bar{x} - S \frac{Y_n}{S_n} \quad (4)$$

onde:  $P$  – probabilidade de um valor extremo ser igualado ou superado;  $y$  – variável reduzida;  $X$  – valor do evento de chuva extrema;  $S_n$  – desvio padrão da série de chuvas;  $S$  – desvio padrão reduzido, tabelado para 27 anos como: 1,1004;  $Y_n$  – média da variável reduzida, também tabelado para 27 anos como: 0,5332;  $\bar{x}$  – média dos valores da série de chuvas extremas.

Para avaliar os resultados obtidos na modelagem de Gumbel, foi utilizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (teste  $K - S$ ). O teste  $K - S$  é um método não paramétrico, cuja estatística de teste tem como base a diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica, de variáveis aleatórias contínuas (Naghetini e Pinto, 2007).

### ***Análise de chuvas intensas***

Com a validação dos dados estimados pelo teste  $K - S$ , é possível estimar a precipitação máxima em 24 horas a partir das equações 5 e 6 para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

$$X = \frac{b2}{\alpha} + \mu \quad (5)$$

$$b2 = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)\right) \quad (6)$$

onde:  $X$  – volume máximo de chuva (mm);  $Tr$  – tempo de retorno em anos.

Após a estimativas de precipitação para os tempos de retorno avaliados, foi realizada a desagregação das chuvas para os intervalos de 5 a 1440 min. A desagregação foi realizada de acordo com a CETESB (1986) que determinou coeficientes de desagregação (Tabela 1) para cada intensidade de chuva correspondente a cada tempo. A desagregação da chuva foi calculada multiplicando-se o valor inicial da chuva por um coeficiente de desagregação correspondente a cada tempo que se deseja desagregar (CETESB, 1986).



Tabela 1. Coeficientes de desagregação de chuvas para diferentes durações, adaptado de CETESB (1986)

Duração da Chuva(min)	Tempo (h)	Coeficiente de Desagregação
1440	24	1,1
360	6	0,72
60	1	0,42
30	0,5	0,74
20	0,33	0,81
15	0,25	0,7
10	0,16	0,54
5	0,08	0,34

Em seguida, as intensidades calculadas foram submetidas à equação de Intensidade Duração e Frequência (Eq.7). Segundo Pfafstertter (1958), desta forma pode-se visualizar a curva IDF que representa a tendência da precipitação (intensidade) ao longo de um dia (duração) para diferentes tempos de retorno (frequência).

$$i = \frac{K \cdot T r^a}{(t+b)^c} \quad (7)$$

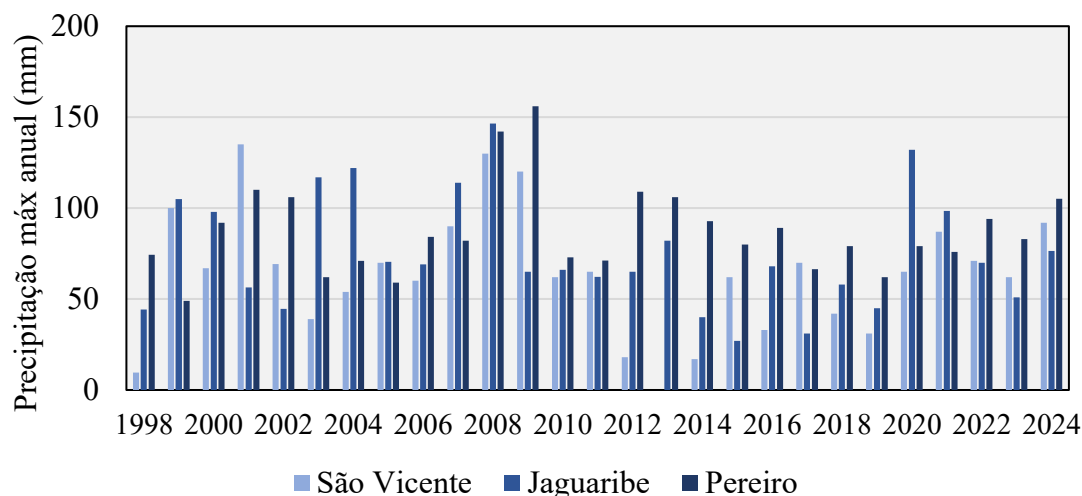
Os parâmetros da equação, que são empíricos e ajustados para cada localidade, foram ajustados por meio da ferramenta Solver do Microsoft Office Excel. São eles:  $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$ , com a determinação deles tem-se o cálculo de  $i$  – intensidade, em função do  $T_r$  – tempo de retorno em anos e  $t$  – duração da chuva (min). Para avaliar a eficiência e a acurácia dos ajustes e da equação de IDF, foram utilizados o coeficiente de determinação  $R^2$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta as precipitações máximas registradas para cada uma das estações no período de 1998 a 2024. Observa-se que as estações apresentaram grande variabilidade espacial, onde a maior precipitação registrada foi de 156 mm no ano de 2009 no município de Pereiro, e o menor evento máximo registrado foi 9.6 mm no município de São Vicente em 1998. Esta variabilidade evidencia a ocorrência de extremos nessa região, com anos extremamente secos e anos com eventos de chuva de grande magnitude.

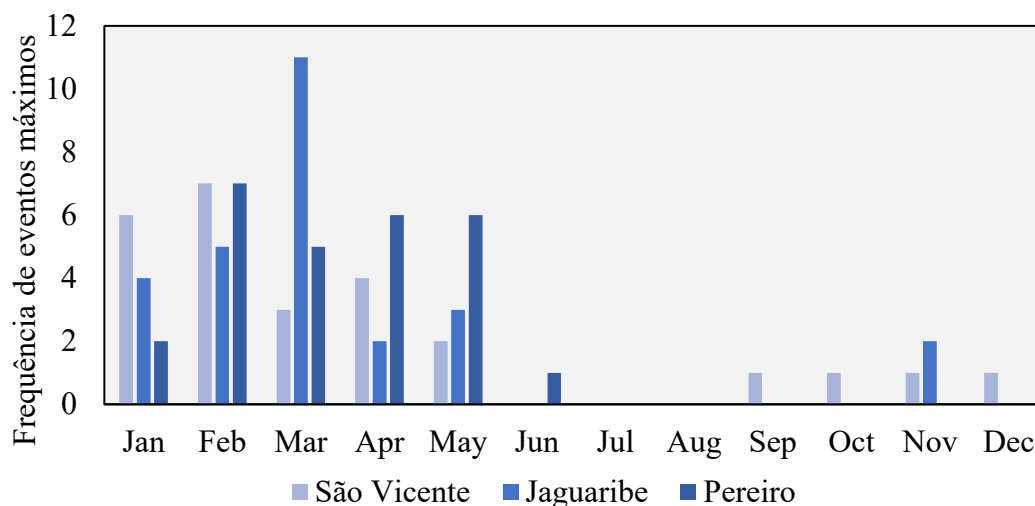
Conforme Silva et al. (2017), que avaliaram o padrão pluviométrico anual na região semiárida do Ceará, o ano de 1998 foi considerado um ano seco, enquanto o ano de 2008 foi classificado como um ano chuvoso, o que corrobora os achados nesse estudo uma vez que esse ano apresentou eventos máximos nos três municípios estudados (142 mm em Pereiro, 146,5 mm em Jaguaribe e 130 mm em São Vicente). Este mesmo evento foi também verificado por Luna (2023) em que esse ano foi marcado por diversos impactos das chuvas na cidade de Juazeiro do Norte-CE e em cidades limítrofes. Portanto, um número maior de eventos extremos no estado do Ceará tende a se repetir mais em anos ‘Chuvosos’ ou ‘Muito Chuvosos’. Diferente do encontrado para este trabalho, o ano de 2011 apresentou precipitação que não ultrapassou 70 mm. Em estudo elaborado por Reis et al. (2012) para o município de Juazeiro-CE os impactos associados às chuvas neste ano foram responsáveis por atingir a zona urbana, com alagamentos de ruas e casas.

Figura 2. Distribuição temporal dos eventos máximos de chuvas nas regiões de São Vicente, Jaguaribe e Pereiro



Ao avaliar a distribuição de precipitações máximas durante o ano (Figura 3), observa-se que os eventos se concentram no primeiro semestre do ano. Durante o período avaliado, março se destacou em Jaguaribe, com 11 dos 27 eventos máximos, enquanto os outros municípios apresentaram precipitações distribuídas entre os meses de fevereiro a maio.

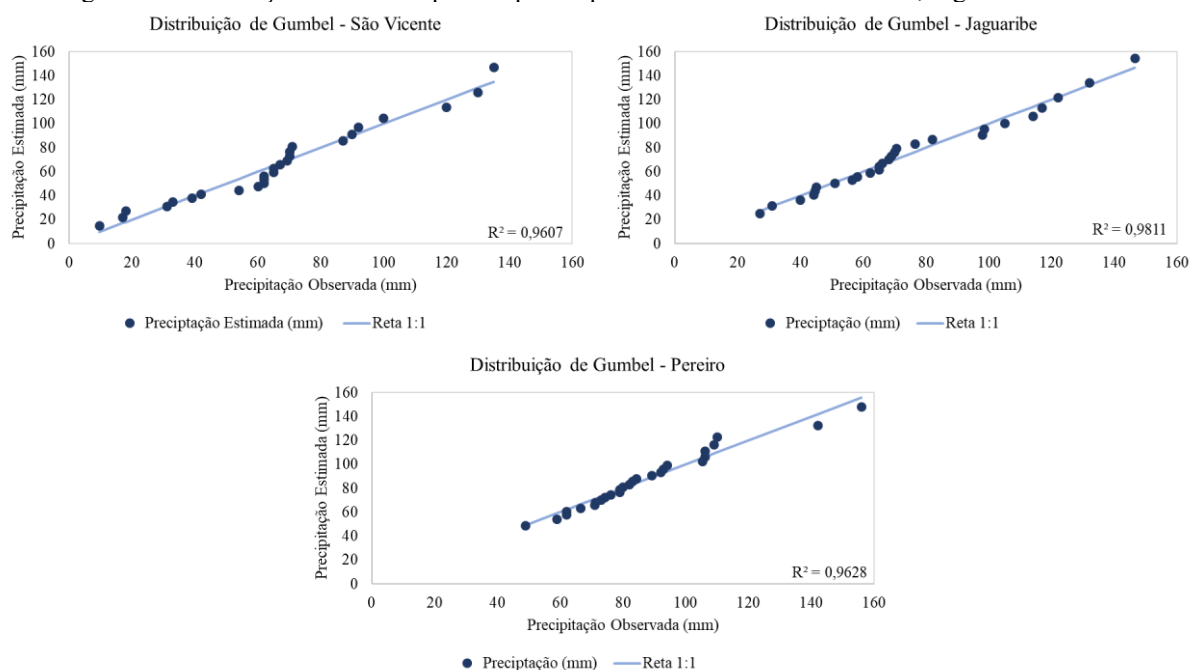
Figura 3. Distribuição mensal da precipitação máxima para os municípios de São Vicente, Jaguaribe e Pereiro, no período entre 1998 e 2024



A partir do mês de junho observa-se baixa presença de eventos extremos, corroborando o histórico cenário de seca característico desse período. Ao analisar os padrões pluviométricos em estados da região Nordeste, Silva et al. (2016) destacaram que, no estado do Ceará, as precipitações se concentram de fevereiro a maio, com média de um a quatro dias chuvosos entre junho e dezembro. Os autores explicam que a estação chuvosa em todos os estados do NEB culmina com a época do ano em que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) está mais ao Sul, correspondendo aos meses de março, abril e maio (trimestre chuvoso). Observa-se novamente um aumento no número de dias chuvosos nos meses de outubro, novembro e dezembro, associado à formação de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul).

Ao analisar as estações observadas quanto ao modelo de distribuição de Gumbel (Figura 4), verifica-se que o modelo apresentou desempenho satisfatório ao comparar as precipitações estimadas com as observadas. Observa-se que a distribuição teórica se aproxima da curva do modelo de Gumbel, resultado do teste K – S. O teste também evidenciou que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as estações em estudo foi superior a 0,96, sendo, portanto, adequado para estimar a magnitude de eventos extremos de precipitação máxima para diferentes tempos de retorno.

Figura 4. Distribuição de Gumbel para os postos pluviométricos de São Vicente, Jaguaribe e Pereiro

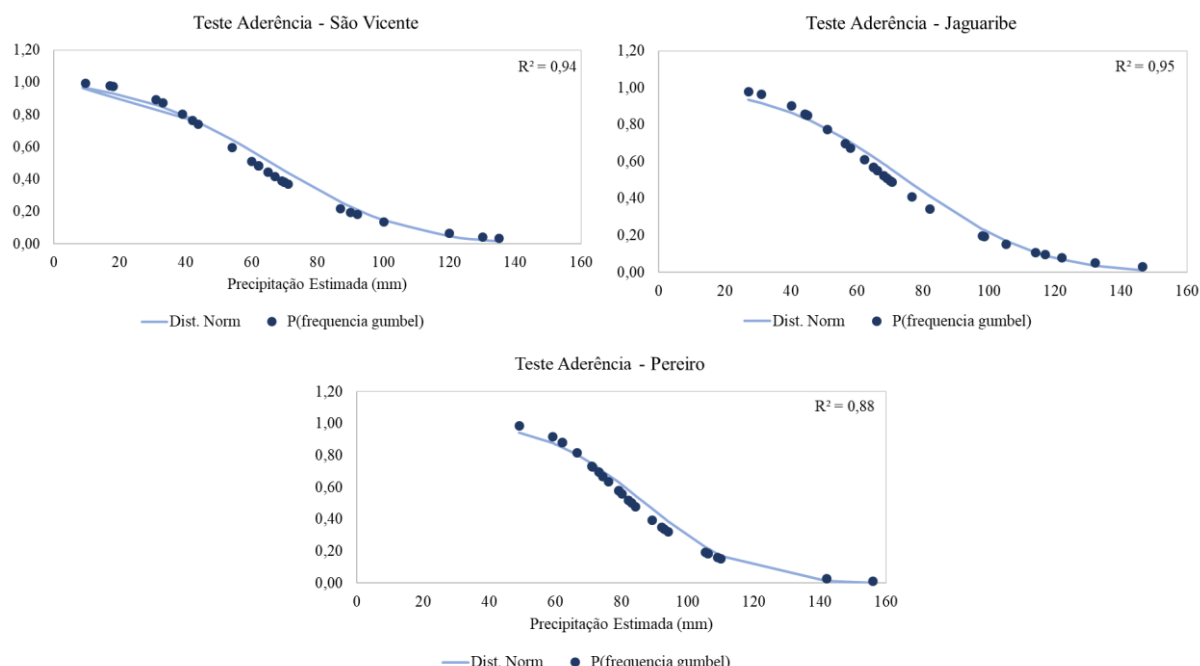


A forte correlação entre a distribuição e as frequências observadas foram também obtidas em estudos sobre chuvas intensas para os estados do Pará e Tocantins por Ferreira Filho et al. (2020) e Silva Neto et al. (2020), respectivamente. Wanderley et al. (2018), avaliaram a distribuição de eventos extremos para o município de Recife-PE com uma série histórica diária de 55 anos e evidenciaram a eficiência da distribuição de Gumbel, com valores de  $R^2$  também superiores a 96%.

Para Medeiros et al. (2019), a distribuição de Gumbel é a mais indicada para modelagem de séries históricas resultando em valores de  $R^2$  superiores a 86% quando se comparam os níveis de retorno empírico e os estimados pela distribuição de Gumbel. Ainda, conforme Santos et al. (2019), a distribuição de frequência de Gumbel foi a que melhor representou a ocorrência de chuvas na região do médio Jaguaribe.

A Figura 5 apresenta os resultados do teste K – S, entre a frequência acumulada observada dos dados de precipitação extrema, modelada pela distribuição de Gumbel, e a distribuição normal teórica padronizada para as estações estudadas. O valor de  $R^2$  acima de 0,88 indica uma boa correlação entre as distribuições, sugerindo uma boa aderência dos dados à distribuição teórica proposta. Segundo Hosking e Wallis (1997), valores de  $R^2$  próximos de 1,0 reforçam a hipótese de aderência, especialmente quando associados a baixos valores do  $D_{\max}$ , que representa a diferença máxima entre as distribuições acumuladas. Dessa forma, a distribuição de Gumbel representa adequadamente a frequência de precipitações extremas para a localidade estudada.

Figura 5. Testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov para os postos pluviométricos de São Vicente, Jaguaribe e Pereiro.



Na região do médio Jaguaribe, Santos et al. (2019) encontraram, para Jaguaribe, o valor de  $c=0,6616$ , corroborando a parametrização empregada neste trabalho que foi de  $c = 0,692$ . Os parâmetros  $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$  foram ajustados conforme apresentado na Tabela 2. Destaca-se que os ajustes das equações foram satisfatórios, com valores de  $R^2$  de 0,99 para todos os tempos de retorno e localidades avaliadas.

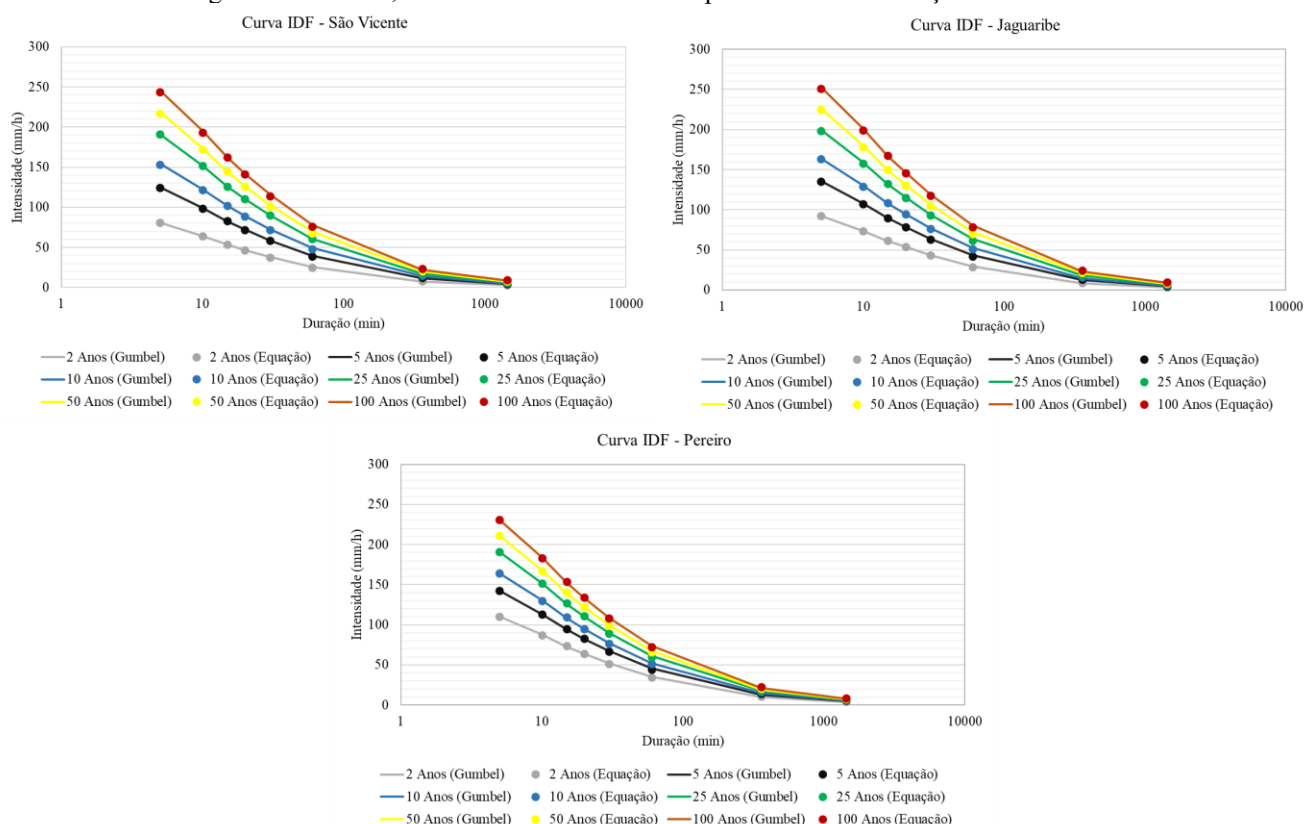
Tabela 2. Parâmetros da equação IDF ajustados para região dos postos pluviométricos de São Vicente, Jaguaribe e Pereiro.

Parâmetros Utilizados na Determinação da Curva IDF				
Posto / Município	K	a	b	c
São Vicente / Icó	370,1580	0,3292	7,5284	0,6923
Jaguaribe / Jaguaribe	418,7807	0,3463	7,5204	0,6921
Pereiro / Pereiro	490,6882	0,3702	7,5291	0,6923

Na Figura 6 observa-se a comparação entre as intensidades simuladas pela equação IDF ajustada e as estimadas por meio da distribuição de Gumbel, para cada tempo de retorno. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,99, sendo consistente com Batista et al. (2025), que reportaram ajustes de equações IDF com  $R^2$  superiores a 0,983, destacando que a distribuição de Gumbel apresenta bons ajustes para a maioria dos municípios cearenses.



Figura 6. Curvas de Intensidade Duração e Frequência – IDF ajustadas e observadas para os municípios de São Vicente, Jaguaribe e Pereiro, considerando diferentes tempos de retorno e durações de chuva.



## CONCLUSÕES

A série histórica de 27 anos evidenciou uma elevada variabilidade espacial e temporal das precipitações máximas, com destaque para o ano de 2009, como o mais chuvoso, e 1998, como um dos mais secos. As chuvas intensas se concentraram, em sua maioria, entre fevereiro e maio, com maior ocorrência em março, confirmando a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na dinâmica pluviométrica do semiárido cearense. Essa variabilidade reforça a vulnerabilidade hidrológica da região e evidencia a importância de um planejamento hídrico estratégico e adaptativo.

A utilização da distribuição de Gumbel para a bacia do Médio Jaguaribe mostrou-se eficiente para a modelagem de eventos extremos de precipitação. A aplicação do teste de aderência a partir do teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov indicou excelente ajuste entre os dados observados e os modelados pela distribuição de Gumbel, com coeficientes de determinação superiores a 0,96, o que valida o uso dessa distribuição na estimativa de chuvas intensas na região estudada. Os resultados permitiram, ainda, o ajuste preciso das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), com valores de  $R^2$  superiores a 0,99 para todos os postos pluviométricos analisados. Os parâmetros ajustados da equação IDF demonstraram consistência com estudos anteriores na mesma região, especialmente quanto ao parâmetro “c”.

Dessa forma, destaca-se que a distribuição de Gumbel, aliada ao ajuste das curvas IDF, constitui uma ferramenta robusta e confiável para o planejamento hidrológico e a gestão de riscos associados a eventos extremos de precipitação no semiárido cearense.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) pela disponibilização dos dados, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco-FACEPE, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), e à Financiadora de Estudos e Projetos-FINEP.

## REFERÊNCIAS

- ANGHEL, C.G. (2024); *Revisiting the Use of the Gumbel Distribution: A Comprehensive Statistical Analysis Regarding Modeling Extremes and Rare Events*. Mathematics, v. 12, n. 16.
- BATISTA T.L., TAVARES P.R.L., LOPES M.C, NETO V.S.L. (2025). *Equações IDF dos municípios cearenses geradas a partir de dados pluviométricos*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 18, n. 1, p. 702–722.
- CETESB (1986) – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Drenagem Urbana: manual de projeto. São Paulo: CETESB, 1986. 464 p.
- COTTA, H. H. A.; CORREA, W. S. C.; ALBUQUERQUE, T. T. A. (2016) *Aplicação da distribuição de Gumbel para valores extremos de precipitação no município de Vitória–ES*. Revista Brasileira de Climatologia, v. 12, n. 19.
- FERREIRA FILHO, D. F.; RODRIGUES, R. S. S.; DA SILVA, M. D. N. A.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L. (2020). *Aplicação de diferentes métodos de determinação de curvas de intensidade-duração-frequência no município de Belterra no estado do Pará, Brasil*. Research, Society and Development, v.9, n. 2.
- GAMEIRO, S., NASCIMENTO V., FACCO D., SFREDO G.; OMETTO J. (2022) *Land Use and Cover Changes and Their Impacts on Water Resources in Brazilian Biomes*. Land, v. 11, n. 1.
- GONDIM, R.S., CASTRO, M.A.H., MAIA, A.H.N., EVANGELISTA S.R.M., FUCK, S.C.F. (2012) *Climate Change Impacts on Irrigation Water Needs in the Jaguaribe River Basin*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA).
- HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. (1997) *Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997
- KOUTSOYIANNIS, D. (2004). “On the appropriateness of the Gumbel distribution in modeling extreme rainfall”, in *Hydrological Risk: Recent Advances in Peak River Flow Modelling; Prediction and Real-time Forecasting; Assessment of the Impacts of Land-use and Climate Changes*. Org. por Brath, A. et al. Ed. Bios, Bologna – Itália, pp. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3811.6080>.
- LEITE F.R.B., OLIVEIRA S.B.P., BARRETO M.M.S, CARVALHO G.M.B.S, FILHO M.R.F. (2003) *Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na região do Médio Jaguaribe–CE*. In: Anais do XI SBSR, Belo Horizonte, INPE, p. 1315–1322.
- LUNA, V. F. (2023). *Eventos extremos de chuva e suscetibilidade a inundações em Juazeiro do Norte, Ceará*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.
- MEDEIROS, E. S.; ALVES, M. A.; SOUZA, S. A. (2019). *Estimação de nível de retorno da precipitação máxima diária na cidade de Jataí-GO*. Ciência e Natura, v. 41, p. 1-8.

- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007) *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte: CPRM.
- PFAFSTETTER, O. (1958) *Chuvas intensas no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1958. 426 p.
- RAZONABLE, R. R. (2023) *Causes and Impacts of Desertification in the World*. SpringerBriefs in Latin American Studies, p. 27–48.
- REIS, G. P. A. (2016) *Ocorrência De Eventos De Chuva Extrema No Município De Juazeiro Do Norte –Ce, 1974 A 2014*. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Goiânia-GO. P891-898.
- SANTOS D.L., PALÁCIO H.A.Q, MOURA M.M.S, FILHO J.C.R., COSTA G.B. (2019) *Determinação das equações de intensidade, duração e frequência para cidades do sudeste do estado do Ceará*. Revista Científica Rural, v. 21, n. 2.
- SASIREKA, K.; SURIBABU, C. R.; NEELAKANTAN, T. R. (2019). *Extreme Rainfall Return Periods using Gumbel and Gamma Distribution*. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), v. 8, n. 4S2.
- SILVA NETO, V.L.; VIOLA, M. R.; MELLO, C. R. D.; SILVA, D. D.; GIONGO, M. (2020). *Precipitação Máxima Provável no Tocantins: Primeira aproximação pelo método estatístico de Hershfield*. Revista Brasileira de Climatologia, v.27, p.660-769.
- SILVA, J. M. O. (2017). *Utilização de anos-padrão no estudo da variabilidade pluviométrica no município do Crato/CE*. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Instituto de Geociências – UNICAMP, Campinas/SP. p. 2060 – 2072.
- SILVA, V. P.; PEREIRA, E. R.; AZEVEDO, P. V. D.; SOUSA, F. D. A.; SOUSA, I. F. D. (2011). *Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15, 131-138.
- SOUSA, M.C; VELOSO, G.V.; GOMES, L.C.; FERNANDES-FILHO, E.I.; OLIVEIRA, T.S. (2021) *Spatio-temporal dynamics of land use changes of an intense anthropized basin in the Brazilian semi-arid region*. Remote Sensing Applications: Society and Environment, v.24.
- WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; ANJOS, R. S.; ALMEIDA, C. A. P. (2018). *As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos*. Revista Brasileira de Climatologia, 22.