



**MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA  
DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)**

**MODELING IN TIME SERIES TO ESTIMATE MAXIMUM DAILY PRECIPITATION IN THE  
MUNICIPALITY OF SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRAZIL)**

Moacyr Cunha Filho<sup>1</sup>, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira<sup>2</sup>, Neide Kazue Sakugawa Shinohara<sup>3</sup>, Victor Casimiro Piscoya<sup>4</sup>, Raimundo Mainar de Medeiros<sup>5</sup>, Manoel Vieira de França<sup>6</sup>, Guilherme Rocha Moreira<sup>7</sup>, Romildo Morant de Holanda<sup>8</sup>

e321164

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1164>

**RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo propor uma modelagem em séries temporais para estimativa da precipitação máxima diária em um município do interior de Pernambuco. Objetiva-se estimar a precipitação máxima diária para a região nos tempos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100 e 1000 anos. O trabalho foi desenvolvido no município de São Bento do Una (Pernambuco, Brasil). Para as modelagens foram utilizados dados pluviométricos extraídos da plataforma de dados do Instituto de Meteorologia, que foram ajustados nas funções de distribuição de probabilidade normal, log-normal, gama, Weibull e Gumbel. Para avaliar se as distribuições calculadas se ajustam às funções de distribuição de probabilidades testadas, foi realizado o teste de Kolmogorv-Smirnov. Para estimativa da precipitação máxima diária, considerando diferentes tempos de retorno, foram empregadas equações reconhecidas na literatura. Os resultados mostram que as distribuições Weibull e Gumbel proporcionaram melhor ajuste do que a normal, log-normal e gama. A diferença em termos de período de retorno e precipitação relacionada é notável para cada uma das cinco distribuições testadas e maiores valores de precipitação máxima diária são observados nos períodos de retorno mais longos, especialmente na distribuição log-normal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pluviometria. Previsão. Meteorologia

**ABSTRACT**

*This work aims to propose a time series modeling to estimate the maximum daily precipitation in a municipality in the interior of Pernambuco. The objective is also to estimate the maximum daily precipitation for the region in the return times of 2, 5, 10, 50, 100 and 1000 years. The work was carried out in the municipality of São Bento do Una (Pernambuco, Brazil). For the modeling, pluviometric data extracted from the Instituto de Meteorologia data platform were used, which were fitted in the normal, log-normal, gamma, Weibull and Gumbel probability distribution functions. To assess whether the calculated distributions fit the probability distribution functions tested, the Kolmogorv-Smirnov test was performed. To estimate the maximum daily precipitation considering different return times, equations recognized in the literature were used. The results show that the Weibull and Gumbel distributions provided a better fit than the normal, log-normal and gamma distributions. The difference in terms of return period and related precipitation is notable for each of the five distributions tested and higher values of maximum daily precipitation are observed in the longer return periods, especially in the log-normal distribution.*

**KEYWORDS:** *Pluviometry. Forecast. Meteorology*

<sup>1</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>2</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>3</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>4</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>5</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>6</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>7</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>8</sup> UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscoya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

### INTRODUÇÃO

Chuvas, como a principal parte do ciclo hidrológico, são fundamentais para a vida na Terra. O gerenciamento adequado das fontes de água para irrigação e suprimento público, bem como atividades agropecuárias, dependem da avaliação e previsão das chuvas, para minimizar perdas em decorrência de extremos pluviométricos. Espera-se que os eventos extremos de chuva aumentem a frequência e severidade devido às mudanças climáticas globais, podendo causar impactos econômicos e sociais, além de elevados custos para mitigação e adaptação em muitos países. Deste modo, a avaliação da precipitação, principalmente a máxima de uma localidade, tem sido alvo de pesquisas nas áreas de hidrologia, agronomia, meteorologia, dentre outras, sendo ferramenta que auxiliam na elaboração de projetos e na tomada de decisões por governos e sociedade civil (LIMA *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2021).

A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. A caracterização da variabilidade da precipitação pode ser realizada através de análises da distribuição dessa variável empregando métodos estatísticos e probabilísticos, que usam séries temporais de dados (SANTOS; ALBUQUERQUE, 2016). Para isso, é importante determinar a distribuição de probabilidade mais apropriada para o conjunto de dados e a partir desse modelamento, é possível calcular a quantidade de chuva em diferentes períodos de retorno (MAMOON; RAHMAN, 2017).

A seleção que expressa a melhor distribuição de dados de chuvas não é uma tarefa simples, uma vez que há muitas metodologias estatísticas disponíveis. Autores tem tentado definir a distribuição probabilística que melhor se modela aos dados de chuva presentes em determinada região, utilizando distribuições normal, log-normal, log-Pearson, gama, Weibull, dentre outras (VAHEDDOOST; AKSOY, 2017; KUMAR; SHANU, 2017).

Estudos tem mostrado que as distribuições normal, log-normal, gama, Weibull e Gumbel tem mostrado ajustes satisfatórios a dados pluviométricos brasileiros, além de proporcionar maior facilidade operacional, quando comparada a outras distribuições (DORNELES *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2021). A função gama também tem sido utilizada em estudos de distribuição para valores de precipitação diferentes de zero, servindo como modelo teórico para aproximar as probabilidades de precipitação para períodos mensais ou menores ou, até mesmo, para períodos maiores, em regiões onde é comum a ocorrência de baixos valores de precipitação (SANTOS; ALBUQUERQUE, 2016).

Para avaliar a distribuição de probabilidades mais apropriada para a série temporal analisada, alguns métodos estatísticos são disponíveis, tais como os critérios de informação Akaike (AIC) e bayesiana (BIC), além dos testes Anderson–Darling (AD), Cramér–von Mises (CvM),  $\chi^2$  e Kolmogorov–Smirnov (KS). Após a definição da distribuição mais apropriada para determinada localidade, é possível estimar os quantis de chuvas para diferentes períodos de retorno (TOSUNOGLU; GURBUZ, 2019).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscocya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

Considerando a relevância do tema e a necessidade de estudos que sejam aplicados à realidade de diferentes localidades, este trabalho tem como objetivo determinar, dentre as funções normal, log-normal, gama, Weibull e Gumbel, aquela que melhor se ajusta aos dados de precipitação máxima diária do município de São Bento do Una (Pernambuco, Brasil), a partir de dados de uma série temporal de um século (1920-2021). Objetiva-se, ainda, estimar a precipitação máxima diária para a região nos tempos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100 e 1000 anos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

### Área de estudo

São Bento do Una localiza-se na mesorregião Agreste e na microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco (Figura 1), inserido no Planalto da Borborema. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município possui uma área de aproximadamente 719,15 km<sup>2</sup> e, em 2020, sua população era de aproximadamente 60.042 habitantes. Segundo a classificação climática de Köppen (1931), a localidade possui o clima do tipo As (tropical chuvoso), com verão seco. A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas ocorrendo no final do mês de agosto, podendo prolongar-se até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso concentra-se nos meses de maio, junho e julho e o trimestre seco ocorrem entre outubro, novembro e dezembro (MEDEIROS, 2018).

São Bento do Una é uma das principais cidades de Pernambuco e contribui com a economia do estado através de atividades de agropecuária e a avicultura. O município é um importante polo leiteiro e de produção de ovos do Nordeste brasileiro. O perfil agropecuário dessa economia regional é dependente dos regimes de chuva. Portanto, estimativas de precipitações diárias máximas são fundamentais para evitar perdas de produção em função de eventos climáticos extremos.



Figura 1: Localização geográfica do município de Santo Bento do Una (Pernambuco-Brasil), cujas coordenadas geográficas são 08°31'22" S; 36°26'40" W



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscocya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

### Dados climatológicos

As tabelas com a série histórica de dados foram construídas com valores de precipitação diária no período de 1920 a 2021 para o município de São Bento do Una, obtidos a partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

A missão do Inmet, órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é prover informações meteorológicas à sociedade brasileira e influir construtivamente no processo de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável no Brasil. São atribuições desse órgão elaborar e divulgar, diariamente, em nível nacional, a previsão do tempo, avisos e boletins meteorológicos e climatológicos aplicados à agricultura e outras atividades correlatas, compartilhando conhecimento e dados climáticos (INMET, 2021).

### Análise dos dados

Os valores de precipitação diária máxima foram ajustados às distribuições normal, log-normal, gama, Weibull e Gumbel. Os cálculos e análises foram elaborados em planilha eletrônica do software Excel e SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*).

#### 2.3.1 Distribuição normal

A distribuição normal é composta por dois parâmetros e sua função densidade de probabilidade é dada pela seguinte expressão:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:  $x$  é a precipitação diária máxima,  $\mu$  é a média dos dados de precipitação máxima diária,  $\sigma$  é o desvio-padrão dos dados de precipitação máxima diária.

#### Distribuição log-normal

Uma amostra obedece à distribuição log-normal quando o logaritmo dos seus valores obedece à distribuição normal. A função densidade de probabilidade é representada pela seguinte equação:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{\left(\frac{1}{2\sigma^2}\right)\ln(x-\mu)^2}{x}\right) \quad \text{Equação 2}$$

onde:  $x$  é a precipitação diária máxima,  $\mu$  é a média dos logaritmos da variável  $x$ ;  $\sigma$  é o desvio-padrão dos logaritmos da variável  $x$ .

#### Distribuição Gama



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscocya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

Se  $x$  for uma variável aleatória contínua, tal que  $(0 < x < \infty)$ , com distribuição gama de parâmetros  $\alpha > 0$  e  $\beta > 0$ , então a sua função densidade de probabilidade é definida como:

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)}{\beta^\alpha \Gamma} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$$\beta = \frac{\sigma^2}{\mu} \quad \text{Equação 4}$$

$$\alpha = \frac{\mu}{\beta} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo:  $\alpha$  os parâmetros de forma da função gama e  $\beta$  os parâmetros de escala da função gama,  $x$  é a precipitação diária máxima,  $\mu$  é a média dos dados de precipitação diária máxima,  $\sigma$  é o desvio-padrão dos dados de precipitação diária máxima,  $\Gamma$  é a função gama.

### Distribuição de Weibull

Para efetuar a análise da distribuição de Weibull, os valores de precipitação máxima foram ordenados de forma crescente, sendo atribuído um número de ordem ( $i$ ) para cada valor, de modo que o menor valor de precipitação recebeu  $i=1$  e o maior,  $i=101$ .

Uma variável aleatória  $X$  tem distribuição Weibull com parâmetros  $\alpha > 0$  e  $\beta > 0$  quando sua função densidade de probabilidade é:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad \text{Equação 6}$$

onde  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros da função Weibull, determinadas como se segue:

a) *Equação 7* =  $\frac{(i-0,3)}{(N+0,4)}$ , onde  $i$  = número de ordem da amostra;  $N$  = número de amostras

b) *Equação 8* =  $\ln\left\{\ln\left[\frac{1}{(1-\text{Equação 7})}\right]\right\}$

c) *Equação 9* =  $\ln(x)$ , onde  $x$  é a precipitação diária máxima

A partir de uma regressão linear ( $ax+b$ ) com os valores das Equações 7, 8 e 9 para cada amostra, os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  foram determinados:

$$\beta = a \quad \text{Equação 10}$$

$$\alpha = \exp\left(\frac{-b}{a}\right) \quad \text{Equação 11}$$



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscocya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

### Distribuição de Gumbel

Para efetuar a análise da distribuição de Gumbel, os valores de precipitação máxima foram ordenados de forma crescente, sendo atribuído um número de ordem (i) para cada valor, de modo que o menor valor de precipitação recebeu  $i=1$  e o maior,  $i=101$ .

Uma variável aleatória X tem distribuição Gumbel com parâmetros  $\alpha > 0$  e  $\beta > 0$  quando sua função densidade de probabilidade:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \exp - \frac{(x-\alpha)}{\beta} - \exp^{-\exp - \frac{(x-\alpha)}{\beta}} \quad \text{Equação 12}$$

Onde: onde  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros da função Gumbel, determinadas como se segue:

$$\alpha = \frac{\sigma}{S_n} \quad \text{Equação 13}$$

$$\beta = \mu - (y_n * \alpha) \quad \text{Equação 14}$$

Considerando: x é a precipitação diária máxima,  $\mu$  é a média dos dados de precipitação diária máxima,  $\sigma$  é o desvio-padrão dos dados de precipitação diária máxima,  $S_n$  e  $y_n$  são valores tabelados em função do quantitativo de amostras.

### Estimativa da precipitação máxima diária para determinado tempo de retorno

Todas as funções de distribuição de probabilidade foram utilizadas para estimar a precipitação máxima diária provável de ocorrer com tempos de retorno (T) em anos (nível de probabilidade (p) =  $1-1/T$ , em %) de: 2 anos ( $p>50\%$ ), 5 anos ( $p>80\%$ ), 10 anos (90%), 100 anos ( $p>99\%$ ), 500 anos ( $p>99,8\%$ ), 1.000 anos ( $p>99,9\%$ ) e 10.000 ( $p>99,99\%$ ). Desta maneira, os valores de precipitação máxima diária foram considerados como os eventos de chuvas com 80% ou mais de probabilidade de ocorrer (LIMA et al., 2021).

### Testes de aderência

O teste estatístico KS fundamenta-se na discrepância entre as distribuições e foi utilizado para avaliar se a distribuição calculada se ajusta à função de distribuição de probabilidades testada. Essa estatística é usada para testar a hipótese nula  $H_0: F = F_0$  versus hipótese alternativa  $H_1: F \neq F_0$ .

$$D_n = F_n(x) - Fr_x \quad \text{Equação 15}$$

Onde:  $D_n$  é o valor do teste KS,  $F_n(x)$  é a função da distribuição de probabilidade testado,  $Fr_x$  é a frequência da probabilidade.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscoya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

Para avaliar a aderência, compara-se o maior valor de  $D_n$  ( $D_{máx}$ ) com o valor da tabela de KS, considerando a quantidade de amostras do estudo e o nível de significância desejado (5%). Considera-se a hipótese nula caso  $D_{máx} >$  valor tabelado.

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software SPSS e Excel.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação diária foram agrupados em períodos mensais, extraindo-se o valor máximo diário observada em cada mês. A Figura 2 representa uma comparação gráfica temporal dos valores máximos de precipitações máximas diárias relativas aos anos estudados. Pode-se observar uma tendência de aumento destes valores ao longo do período de estudo: no ano de 1920, foi observado o valor de 75,7mm, enquanto em 2021, esse valor foi de 276,2mm. Ao longo dos 101 anos de observação, nos anos de 1928 e 2017, foram registrados o menor (43,2mm) e o maior (332,5mm) valores de precipitação diária máxima, respectivamente.

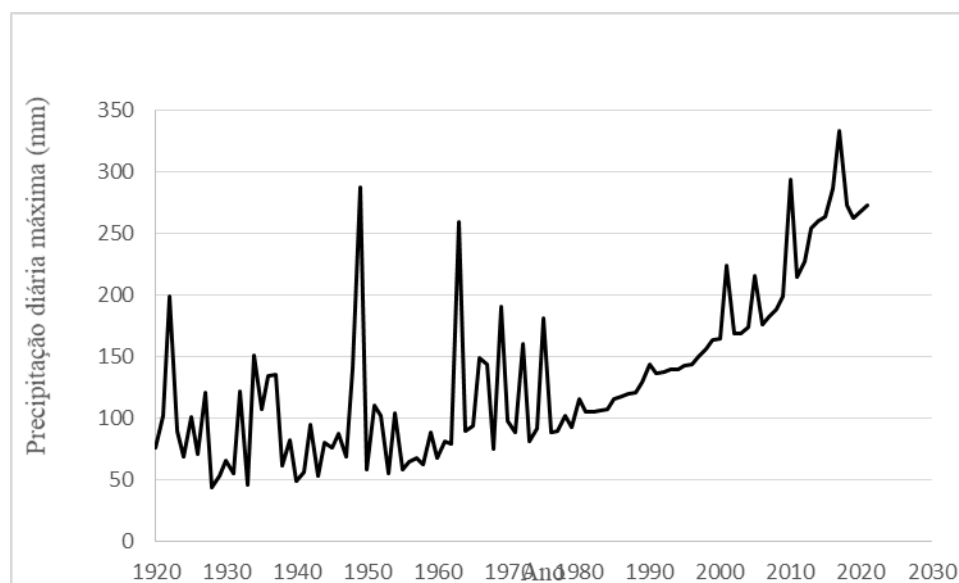


Figura 2. Precipitação máxima diária mensal, período de 1920 a 2021, São Bento do Una (Pernambuco, Brasil)

A aderência das distribuições foi comprovada segundo o teste de KS ao nível de 5% de significância. Os p-valores  $> 0,05$  indicam que as distribuições se ajustam significativamente aos dados observados de precipitação máxima diária (Figura 3).

A análise da figura 3 permite concluir que os melhores ajustes dos dados foram para as distribuições Weibull ( $p=0,49$ ) e Gumbel ( $p=0,74$ ). Para as demais distribuições testadas, não houve ajuste satisfatório para os valores de precipitação máxima diária ( $p<0,05$ ).

O município de São Bento do Una apresentou os maiores valores de precipitação máxima diária para os períodos de retorno de 2, 5 e 10 anos nas distribuições normal, Weibull e gama, respectivamente. A partir do tempo de retorno de 100 anos, a distribuição log-normal apresentou os maiores valores (Tabela 1). Olhando exclusivamente os dados contidos na Tabela 1, seria



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscoya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

recomendada a distribuição log-normal para estimar valores de chuva diária máxima anual para o município. Entretanto, é importante destacar que utilizar uma distribuição que não seja a que melhor se ajusta aos dados pode levar a uma sub ou superestimação dos resultados associada a um período de retorno. Isso poderia explicar o valor de 801,23mm de chuvas estimado para um tempo de retorno de 10.000 anos utilizando a distribuição log-normal. Desta maneira, considerando que as distribuições Weibull e Gumbel melhor se ajustaram aos dados de precipitação máxima diária, é recomendado o uso da distribuição de Weibull para estimativa de precipitação máxima diária com tempos de retorno de até 5 anos, enquanto para tempos de retorno superiores a 10 anos, recomenda-se o uso da distribuição de Gumbel (Figura 4).

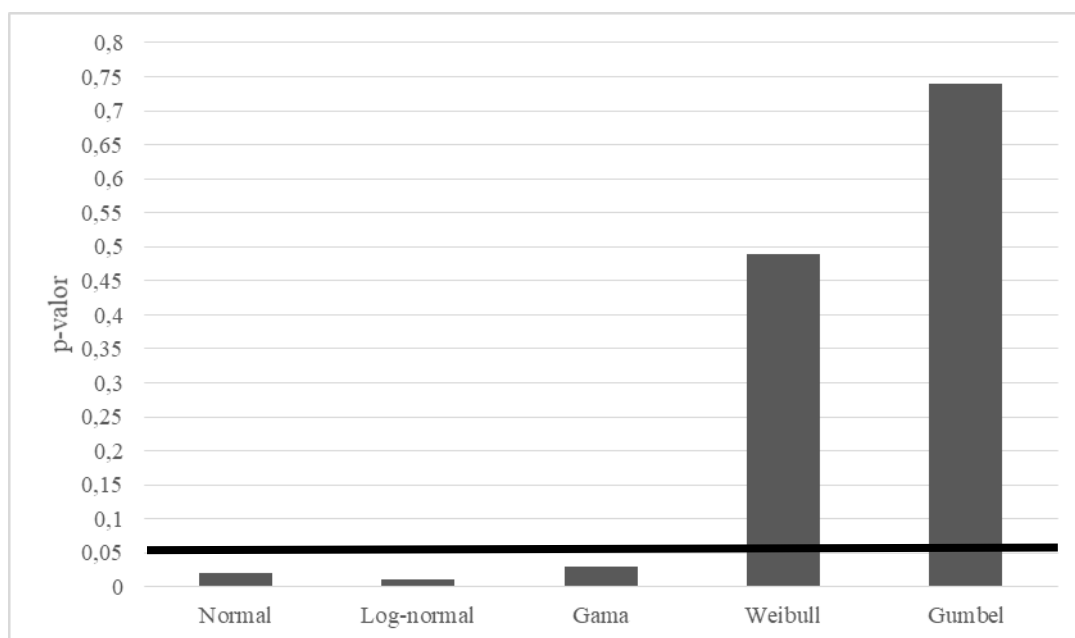


Figura 3. Aderências das funções de distribuição de probabilidade de precipitação diária máxima no município de São Bento do Una (Pernambuco, Brasil), no período de 1920 a 2021, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com nível de significância de 5%.





## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscoya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

Tabela 1. Estimativa da precipitação máxima diária (mm) para diferentes períodos de retorno (anos) obtido através das distribuições de probabilidades teóricas normal, log-normal, gama, Weibull e Gumbel, para o município de São Bento do Una (Pernambuco, Brasil). PR = período de retorno

PR (anos)	Probabilidade	Precipitação máxima diária (mm)				
		Normal	Log-normal	Gama	Weibull	Gumbel
2	0,5	131,75	116,62	126,88	130,32	120,68
5	0,2	189,03	177,69	187,18	190,76	180,24
10	0,1	218,68	220,97	220,98	219,11	219,67
100	0,01	288,77	369,92	308,54	287,65	343,14
500	0,002	325,83	485,79	359,32	325,44	427,92
1.000	0,001	339,31	536,39	379,08	341,29	464,36
10.000	0,0001	393,90	801,23	457,77	389,35	585,38

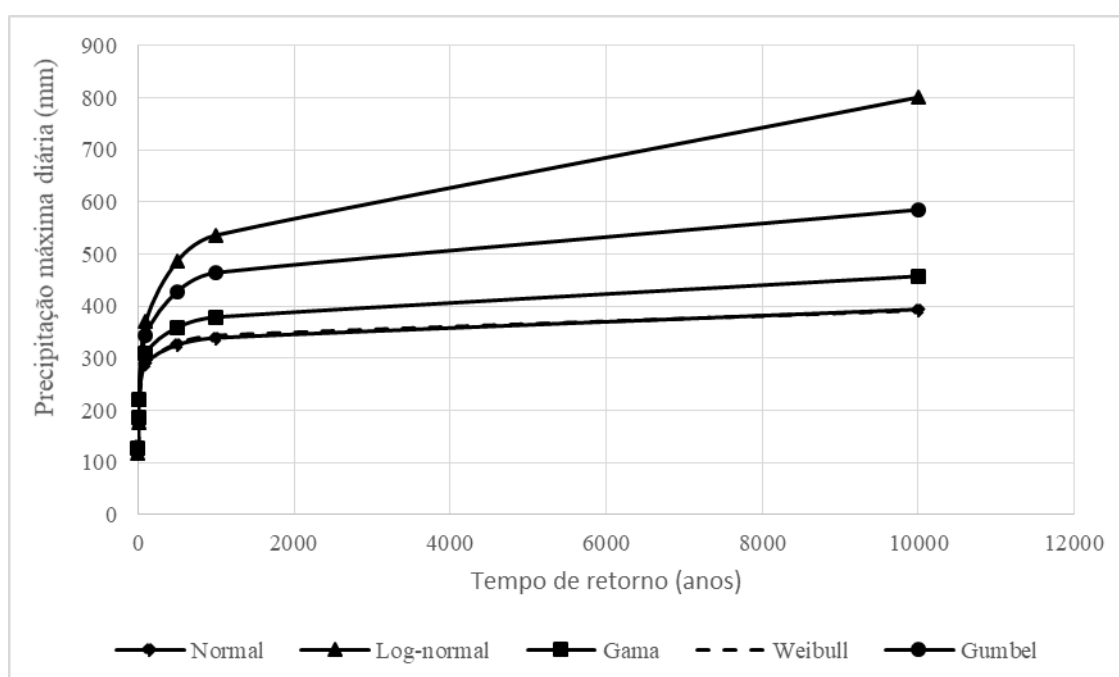


Figura 4. Ajuste das distribuições normal, log-normal, gama, Weibull e Gumbel para os valores de precipitação máxima diária do município de São Bento do Una (Pernambuco, Brasil), no período de 1920 a 2021.

Neste artigo, investigamos qual o modelo de distribuição de probabilidades que proporciona o melhor ajuste às amostras da série temporal estudada a partir de dados do município de São Bento do Una (Pernambuco, Brasil). Trabalhos tem mostrado que a distribuição normal apresenta um bom ajuste para este tipo de dados, indiferente da sua homogeneidade (SANTOS; ALBUQUERQUE, 2016; DORNELES et al., 2019). Contudo, neste estudo, o teste KS não mostrou aderência significativa ( $p < 0,05$ ) dos dados de precipitação máxima diária à distribuição normal, possivelmente devido à grande heterogeneidade dos dados climatológicos, que podem não seguir a distribuição de Gauss.

Este estudo mostrou que as distribuições de Weibull e Gumbel apresentaram melhor ajuste



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscoya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

aos dados de precipitação máxima diária durante o período estudado. O parâmetro de forma ( $\alpha$ )  $> 1,0$  ( $\alpha = 147,66$  e  $55,92$ ) para as funções de Weibull e Gumbel, respectivamente, significa que houve uma distribuição em cauda curta, indicando que a cauda atinge o valor zero da abscissa rapidamente, que é característico das distribuições Weibull e Gumbel. Esses resultados corroboram com os estudos de De Michele e Avanzi (2018) que mostram que a distribuição Gumbel proporciona melhor ajuste em amostras que apresentam regime pluviométrico úmido, característico de regiões de clima tropical, como observado em São Bento do Una. Segundo Lira *et al.*, (2021), estas distribuições são frequentemente utilizadas na estimativa de eventos climatológicos extremos, sendo uma importante ferramenta de estudos de probabilidade quando se trabalha com precipitações máximas.

Os resultados da Tabela 1 permitem observar que para maiores períodos de retorno, há marcante diferença nos valores estimados de chuva para as 5 distribuições estudadas. Essa variabilidade pode ser explicada pelo fato de os dados da série temporal terem sido obtidos dentro de períodos de eventos extremos de precipitação, tais como *El Niño* e *La Niña*, que promovem secas e inundações em determinadas localidades e épocas do ano (LIMA *et al.*, 2021).

Considerando o período de retorno de 10.000 anos, o uso de distribuições de causa leve (Weibull e Gumbel) parecem fornecer dados mais realistas, enquanto a distribuições de cauda longa (log-normal) podem superestimar significativamente o quantitativo de chuvas. De acordo com Moccia *et al.*, (2021), distribuições de cauda curta tendem a subestimar o quantitativo de chuvas considerando períodos de retorno milenares, devido à elevada incerteza relacionada à estimativa, obtida de amostras com observações limitadas.

A última etapa da análise neste estudo é representado pelo teste KS, nível de significância de 95%, para verificar se a distribuição de probabilidades selecionada é apropriada para descrever a população dos dados. Para avaliar a aderência dos dados de precipitação máxima diária ao modelo de distribuição teórico, é importante considerar a quantidade de amostras presentes no estudo, pois isso irá interferir no valor de D crítico, cujo valor é usado para comparativo com um valor tabelado, sendo possível avaliar a aderência ou não do modelo. De acordo com Vivekanandan (2018), à medida que a quantidade de amostras aumenta, os valores de D críticos também aumentam e tendem a se estabilizar em torno de um valor constante. Devido a esse fenômeno, para realizar análises estatísticas rigorosas e robustas, deve haver o maior número de unidades amostrais.

Como mostrado nos resultados, as distribuições de cauda curta apresentam melhores performances do que as distribuições de cauda longa, mas deve-se ter o discernimento de entender que esses valores podem estar subestimados quanto ao quantitativo de chuvas no período avaliado, conforme discutido anteriormente.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análises de dados de precipitação diária são importantes para muitos estudos agrônômicos, hidrológicos, meteorológicos, dentre outros, sendo seu modelamento fundamental para definir projetos econômicos, sociais e assim auxiliar na tomada de decisões corretivas e/ou preventivas.

**RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia**



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscoya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

Neste artigo, analisando os valores de precipitação máxima diária a partir de uma série temporal composta por 101 amostras desenvolvida no município de São Bento do Una (Pernambuco, Brasil), regido pelo clima tropical úmido, observamos que o ajuste de cinco distribuições teóricas de probabilidade dentre as mais utilizadas para descrever precipitações diárias: normal, log-normal, gama, Weibull e Gumbel. Após realizar os ajustes, escolhemos o teste KS para validar estatisticamente os resultados obtidos nas distribuições estudadas.

Os resultados das análises mostram que as distribuições de cauda curta (Weibull e Gumbel) proporcionaram melhor ajuste do que as de cauda longa (normal e log-normal), corroborando estudos climáticos realizados nesta área geográfica. Apesar de a distribuição gama ser de cauda curta não apresentou significância no ajuste, conforme teste KS. A diferença em termos de período de retorno e precipitação relacionada é notável para cada uma das cinco distribuições testadas e maiores valores de precipitação máxima diária são observados nos períodos de retorno mais longos, especialmente na distribuição log-normal.

Apesar de consideramos este estudo preliminar neste estágio, acreditamos que este representa uma oportunidade para auxiliar na avaliação de projetos e demais práticas que necessitem de uma estimativa correta de precipitações, considerando uma robusta série temporal de dados.

### REFERÊNCIAS

DE MICHELE, C.; AVANZI, F. Superstatistical distribution of daily precipitation extremes: A worldwide assessment. **Scientific Reports**, v. 8, 2018.

DORNELES, V. R.; DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.; WEBER, P. M.; KLUMB, G. B.; RAMIREZ, M. A. A. Modelagem da probabilidade das relações intensidade-duração-frequência de ocorrência da precipitação pluvial para Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiente**, v. 23, 2019.

INMET. **Sobre o INMET**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/sobre>. Acesso em: 21 de nov. 2021.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**: outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. p. 388.

KUMAR, V.; SHANU, J. Statistical distribution of rainfall in Uttarakhand, India. **Applied Water Science**, v. 7, p. 4765–4776, 2017.

LIMA, A. O.; LYRA, G. B., ABREU, M. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; ZERI, M.; CUNHA-ZERI, G. Extreme rainfall events over Rio de Janeiro State, Brazil: Characterization using probability distribution functions and clustering analysis. **Atmospheric Research**, v. 247, 2021.

MAMOON, A. A.; RAHMAN, A. Selection of the best fit probability distribution in rainfall frequency analysis for Qatar. **Nat Hazards**, v. 86, p. 281–296, 2017.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; SILVA, V. P.; SILVA, C. J. Tendências pluviométricas e análise da média móvel para São Bento do Una-PE, Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, 2018.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MODELAGEM EM SÉRIES TEMPORAIS PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTO BENTO DO UNA (PERNAMBUCO-BRASIL)  
Moacyr Cunha Filho, Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Victor Casimiro Piscoya, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Guilherme Rocha Moreira, Romildo Morant de Holanda

MOCCIA, B.; MINEO, C.; RIDOLFI, E.; RUSSO, F.; NAPOLITANO, F. Probability distributions of daily rainfall extremes in Lazio and Sicily, Italy, and design rainfall inferences. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 33, 2021.

SANTOS, D. C.; ALBUQUERQUE, E. M. Métodos de estimativa de precipitação máxima diária na cidade de João Pessoa-PB. **CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 9, 2016.

SILVA, J. R. S.; TAVEIRA, M. K.; MESQUISA, A. A.; SERRANO, R. O. P.; MOREIRA, J. G. V. Caracterização temporal da precipitação pluviométrica na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **UÁQUIRI - Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Ufac**, v. 3, 2021.

TOSUNOGLU, F.; GURBUZ, F. Mapping spatial variability of annual rainfall under different return periods in Turkey: The application of various distribution functions and model selection techniques. **Meteorological Application**, v. 26, p. 671-681, 2019.

VAHEDDOOST, B.; AKSOY, H. Structural characteristics of annual precipitation in Lake Urmia basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 128, p. 919–932, 2017.

VIVEKANANDAN, N. Comparison of probability distributions in extreme value analysis of rainfall and temperature data. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, p. 1-10, 2018.