

IV-199 - ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA PARA BELÉM-PA

Dayana Cravo Rodrigues⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFPA.

Adria Lorena de Moraes Cordeiro⁽²⁾

Graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará; bolsista do Grupo de Pesquisa em Água, Energia e Sustentabilidade da Amazônia (GAES).

Éverton Costa Dias⁽³⁾

Graduando do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Gabriel Pereira Colares da Silva⁽⁴⁾

Graduando do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, estagiário na empresa Água Norte - Tratamento de Água e Soluções Ambientais.

Cleyanne Kelly Barbosa Souto⁽⁵⁾

Graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará; estagiária na Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS).

Endereço⁽¹⁾: Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá- Belém – CEP: 66075-110 - Brasil – Tel: +55 (91) – 99138-9248 e-mail: dayana_cravo@hotmail.com.

RESUMO

A precipitação representa a principal entrada de água do ciclo hidrológico, sendo fundamental para o entendimento do balanço hídrico, assim, conhecer o comportamento probabilístico de dados de precipitação é extremamente importante para a elaboração de estudos estratégicos associados ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo estimar a precipitação máxima diária para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 50 anos, para o município de Belém-PA, utilizando as distribuições de probabilidade: Normal, Gumbel e Log-Pearson III. Para formar a série histórica das precipitações máximas diárias, foram selecionados somente os valores máximos diários de cada ano hidrológico da série histórica original, do período de 1997 até 1977, através de dados da estação pluviométrica (cód. 00148002) do município de Belém, obtidos no site HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA). Por fim, foi aplicado o teste de aderência Qui-Quadrado para se verificar qual das distribuições de probabilidade é a mais adequada à série histórica em estudo. Dado os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 50 anos, pelo teste de aderência verificou-se pouca diferença entre as distribuições de probabilidade nos valores obtidos, logo as três distribuições se ajustaram bem aos dados. Isso se deve as limitações do teste Qui-Quadrado, perdendo sua eficiência quando aplicado em pequenas amostras.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitações máximas diárias, distribuição.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da precipitação é necessário para a realização de obras hidráulicas, planejamento e gestão de recursos hídricos, e nas atividades da defesa civil e público em geral. Uma das características de grande interesse das precipitações está o estudo da distribuição da precipitação máxima. Com esse conhecimento pode-se evitar problemas como: erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, danos em sistemas de drenagem, entre outros (VIEIRA et al., 1991; MESQUITA et al., 2009).

A precipitação pode ser definida como toda água que provém do meio atmosférico e atinge a superfície terrestre, podendo ocorrer na forma de chuva, neve ou granizo (ARAÚJO et al., 2008).

Segundo Baratto (2017) a precipitação, assim como as demais variáveis hidrológicas apresenta significantes variações sazonais quando observadas por determinado período de tempo. Essas variações caracterizam essas variáveis como aleatórias. Logo, é possível associar-se probabilidade de ocorrência de determinado evento à essas variáveis

Isto é primordial para a compreensão das variáveis hidrológicas, visto que esta é uma das principais utilidades dos estudos hidrológicos. Para Mello e Silva (2013) a hidrologia fundamenta-se em analisar os eventos e modelar as frequências de ocorrência, proporcionando que sejam feitas estimativas admitindo determinado risco. De acordo com Tucci (2009), a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. O estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para determinar a vazão de enchente de uma bacia.

Dentro do contexto, é fundamental prever os valores de eventos extremos, sendo comumente aplicada as Distribuições Teóricas de Probabilidade. Dessa forma, o estudo tem como objetivo estimar a precipitação máxima diária para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 50 anos para o município de Belém-PA usando as distribuições de probabilidade: Normal, Gumbel e Log-Pearson III.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas as três funções de distribuição de probabilidade: Normal, Gumbel e Log-Pearson III. As equações aplicadas em cada uma das funções foram obtidas por meio de Singh (2000).

As estimativas de precipitação máxima diária através da distribuição Normal foram calculadas através da Equação 1.

$$x = \bar{x} + K \times s \quad (1)$$

Onde:

x – Precipitação máxima diária para uma dada probabilidade;

\bar{x} – Média das precipitações máximas diárias;

s – Desvio padrão das precipitações máximas diárias;

K – Fator de frequência, obtido de tabelas de Distribuição Normal.

Quanto as estimativas de precipitação máxima diária obtidas através da distribuição de Gumbel (GUMBEL, 1958) foram calculadas por meio da Equação 2.

$$x = \bar{x} - s \times \left\{ 0,45 + 0,7797 \times \ln \left[\ln \left(\frac{TR}{TR-1} \right) \right] \right\} \quad (2)$$

Onde:

x – Precipitação máxima diária para uma dada probabilidade;

\bar{x} – Média das precipitações máximas diárias;

s – Desvio padrão das precipitações máximas diárias;

TR – Tempo de retorno.

Por fim, as estimativas de precipitação máxima diária através da distribuição Log-Pearson III foram calculadas mediante a Equação 3.

$$\log(x) = \overline{\log(x)} + K \times s_{\log(x)} \quad (3)$$

Onde:

$\log(x)$ – Logaritmo da precipitação máxima;

$\overline{\log(x)}$ – Média dos logaritmos das precipitações máximas diárias;

$s_{\log(x)}$ – Desvio padrão dos logaritmos das precipitações máximas diárias;

K – Fator de frequência, depende do coeficiente de assimetria e do tempo de retorno.

Para o cálculo do coeficiente de assimetria utilizou a Equação 4 de Collischonn (2008).

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \times s^3} \quad (4)$$

Onde:

g – Coeficiente de assimetria;

n – Número total de dados;

x_i – Valor inicial da série;

\bar{x} – Média das precipitações máximas diárias;

s – Desvio padrão das precipitações máximas diárias.

Para verificar qual distribuição de probabilidade teórica melhor se adere aos dados, fez-se uso do teste Qui-Quadrado, conforme a Equação (5).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5)$$

Onde:

χ^2 – Coeficiente de assimetria;

n – Número de valores esperados e observados;

O_i – Frequência observada;

E_i – Frequência esperada das precipitações máximas;

i – Índice dos elementos do somatório.

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram utilizados dados diários de precipitação da estação pluviométrica (cód. 00148002) do município de Belém-PA, obtidos no site HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA). As observações foram realizadas admitindo dados de nível II de consistência, os quais representam os valores brutos organizados, já destinados a entidades relacionadas à gestão de recursos hídricos e à pesquisa, segundo a Resolução nº 597 da ANA (ANA, 2006).

Para compor a série histórica das precipitações máximas diárias, foram escolhidos somente os valores máximos diários de cada ano hidrológico da série histórica original, constando de 20 valores para o período de 1997 a 1977, sendo que o ano de 1981 não foi considerado no presente estudo devido à falta de dados.

As distribuições de probabilidade teóricas investigadas neste trabalho foram Normal, Gumbel (máximos) e Log-Perason III. Tais distribuições encontram-se detalhadamente descritas em Singh (2000).

Por fim foi aplicado o teste de aderência Qui-Quadrado, que têm o objetivo de verificar se existe uma diferença estatisticamente significativa entre os valores observados e as estatísticas estimadas. Dessa forma, pôde-se analisar qual das distribuições de probabilidade é a mais apropriada à série histórica em estudo.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados para as precipitações máximas diárias estimadas com cada distribuição de probabilidade testada: TR (o período de retorno estabelecido), Normal, Gumbel e LogPearson III; juntamente com os resultados do teste de aderência do Qui-Quadrado (χ^2). Destaca-se que os períodos de retorno considerados foram: 2, 5, 10, 25 e 50.

Tabela 1 – Precipitação máxima diária para diferentes períodos de retorno.

TR (anos)	Normal	Gumbel	Log-Pearson III
2	89,95	86,07	86,20
5	109,82	106,93	108,73
10	120,21	120,74	123,41
25	128,78	138,19	141,83
50	136,21	151,14	155,45
X^2	47,33	9,52	29,87

Observando a Tabela 1, verifica-se que para os períodos de retorno de 2, 5 e 10 anos os menores valores de precipitação máxima diária foram encontrados quando se utilizou a distribuição de Gumbel, sendo: 86,07 mm/d; 106,93 mm/d e 120,74 mm/d respectivamente. Têm-se também que os maiores valores para os períodos de retorno de 2 e 5 anos foram obtidos através da distribuição Normal com 89,96 mm/d e 109,82 mm/d respectivamente; para o de 10 anos o maior valor de precipitação máxima diária foi dada pela distribuição de Log-Pearson III com 123,41 mm/d e para os períodos de retorno de 25 e 50 anos a distribuição Normal apresentou os maiores valores.

Os valores do resultado do Qui-Quadrado (X^2) calculados com 95% de probabilidade de ocorrência para as três distribuições de probabilidade também se encontram descritos na Tabela 1. Os resultados indicam que o melhor ajuste para a série histórica em análise foi encontrado quando se utilizou a distribuição de Gumbel, pois obteve um índice calculado menor do que o tabelado, ou seja, os valores estimados se adequam melhor a essa distribuição.

CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou uma análise acerca de três funções distribuições de probabilidade (Normal, Log-Pearson III e Gumbel) para representar os dados de precipitação máxima no município de Belém-PA.

Verificou-se que a distribuição de probabilidade de Gumbel apresentou melhores resultados, sendo a que melhor se ajustou aos dados observados para o município de Belém-PA. Pode-se considerar que os resultados obtidos através da distribuição de Gumbel podem ser utilizados para auxiliar em cálculos de vazão máxima de projetos hidráulicos e hidrológicos para o município em questão, minimizando os riscos para população, por exemplo, devido a alagamentos urbanos, e também podendo diminuir custos de execução dos projetos.

Dessa forma, o presente trabalho analisou apenas três funções distribuições de probabilidade e, apesar de apresentar resultados satisfatórios, cabe uma análise mais aprofundada, considerando um maior número de funções teóricas. Além disso, a utilização da função de Gumbel para simulações de intervenções urbanas podem ser proveitosas em nível estratégico para a gestão municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008.
2. BARATTO, P. F. B.; FREDDO NETO, R. ; OLIVEIRA, L. J. C. ; OGASSAWARA, J. F. ; GALAFASSI, C. ; VARGAS, R. R. ; VITA, M. V. V. ; BRAZ, W. M. ; LIMA, E. M. . Estimativa da Precipitação Máxima Diária para o Município de Condor-RS. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.
3. COLLISCHONN, W.; TASSI, R. . Introduzindo Hidrologia. IPH UFRGS, 2008.
4. GUMBEL, E. J. Statistics of extremes. [S.l.]: DoverPublications. com, 1958.
5. MELLO, C.R. de.; SILVA, A. M. da. Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. 1 ed. Lavras: Editora UFLA, 2013.

6. MESQUITA, W. O.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 73-81, 2009.
7. SINGH, V.P. Entropy-Based Parameter Estimation in Hydrology. *J. Environ. Qual.* 2000.
8. TUCCI, C. E. M (Org). *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.
9. VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F.; BURROWS, I.T. Mapeamento da chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 15, p. 93-98, 1991.