

EQUAÇÃO DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA (IDF) PARA O MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO NORTE-CE

Wesley de Oliveira Santos¹
Otávio Floriano Paulino²
Manoel Januário da Silva Júnior³
Janaína Cortêz de Oliveira⁴
Jarbas Nunes Vidal Filho⁵
José Espínola Sobrinho⁶

INTRODUÇÃO

A análise de dados pluviométricos de séries históricas de um determinado local é bastante importante para se ter um melhor planejamento das atividades de uma sociedade.

A precipitação é um dos parâmetros essenciais para os estudos climáticos, tendo em vista que quando escassa, acarreta secas severas, assoreamento dos rios e reduz o desenvolvimento de atividades econômicas. No entanto, quando ocorrida em excesso, provoca enchentes, escorregamentos de taludes e alagamentos devido à falta de planejamento de redes de drenagens adequadas, ou até mesmo, a não implementação da infraestrutura necessária pelo descaso dos setores responsáveis (SOUZA, AZEVEDO e ARAÚJO, 2012).

Segundo Souza, Azevedo e Araújo (2012), a inconsistência de fatores ligados à precipitação e frequência de eventos extremos, tais como chuvas e secas intensas, além da temperatura, corroboram para impactos socioeconômicos de uma população, atingindo principalmente as esferas dos recursos hídricos, sistemas de infraestruturas (coletas pluviais), meio ambiente e saúde.

Nesse sentido, a análise de séries históricas de precipitação possibilita entendimento sobre a determinação de ocorrência de mudança climática de um determinado local. Segundo Santos (2006) e Silva *et al.* (2006), em algumas regiões do Nordeste brasileiro, como o semiárido, por exemplo, iniciou-se o desenvolvimento de análises em escalas locais de indicativos extremos, com o intuito de minimizar os possíveis impactos gerados por meio deles.

Segundo Campos *et al.* (2014), a quantificação de chuvas pode ser feita através de equações de chuvas intensas, também chamadas de curvas intensidade-duração-frequência (IDF), podendo observar a intensidade, duração e frequência da chuva em determinado período de

¹ Professor, doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, wesley.santos@ufersa.edu.br;

² Professor, doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, otavio.lavor@ufersa.edu.br;

³ Professor, doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, mjanuario@ufersa.edu.br;

⁴ Professora, doutora, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, janaina.cortez@ufersa.edu.br;

⁵ Professor, doutor, Instituto Federal do Ceará - IFCE, jarbas.vidal@ifce.edu.br;

⁶ Professor orientador: doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, jespinoia@ufersa.edu.br;

retorno. Para que se possa ajustar os parâmetros das curvas IDF podem ser realizadas regressão linear ou não linear com base no banco de dados da série pluviométrica. Ademais, vale mencionar que, para um dimensionamento de um sistema de drenagem urbana um fator primordial é a chuva de projeto, sendo essa obtida através das curvas IDF.

O objetivo desse trabalho foi utilizar a distribuição de Gumbel para obter as intensidades máximas de chuva para cada duração, e então, mediante esses dados, realizar o ajuste de uma equação que represente as relações IDF (intensidade, duração e frequência) a fim de ser útil para determinação da vazão de projeto hidráulico no município de Limoeiro do Norte-CE.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada a distribuição de Gumbel para obter as intensidades máximas de chuva diária anual para cada duração, e então, mediante esses dados, realizou-se o ajuste de uma equação que represente as relações IDF (intensidade, duração e frequência) a fim de ser útil para determinação da vazão em projetos hidráulicos no município de Limoeiro do Norte-CE, município localizado no Estado do Ceará, na microrregião do Baixo Jaguaribe, com uma área territorial de aproximadamente 794,69 km² com estimativa de 62.285 habitantes (IBGE, 2024).

Com relação à obtenção dos dados pluviométricos diários, estes foram obtidos através da plataforma digital da Fundação Cearense de Meteorologia e Recurso Hídricos (FUNCEME), selecionando o banco de dados referentes ao período de 1974 a 2024, compreendendo 51 anos de dados.

Em posse dos dados das chuvas máximas diárias anuais, esses foram desagregados em precipitações de diferentes durações (1h, 2h, 3h, 6h, 8h, 10h, 12h, 24h, 5min, 10min, 15min, 20min, 25 e 30min) de acordo com a metodologia proposta pela CETESB para diferentes períodos de retorno, sendo estes de 2, 5, 10, 50, 100 e 500 anos, conforme a Tabela 1 (CETESB, 1986).

Tabela 1: Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva.

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de desagregação
5 min para 30min	0,34
10min para 30min	0,54
15min para 30min	0,70
20min para 30min	0,81
25min para 30min	0,91
30min para 1h	0,74
1h para 24h	0,42

2h para 24h	0,48
3h para 24h	0,54
6h para 24h	0,72
8h para 24h	0,78
10h para 24h	0,82
12h para 24h	0,85
24h para 1dia	1,14

Fonte: CETESB (1986).

Para a obtenção dos parâmetro IDF, foi utilizada a distribuição de Gumbel, sendo esse o método de valores extremos mais utilizado na análise de frequência de chuvas intensas (BERNARD, 1930).

A Equação 1 descreve a função cumulativa de probabilidade que pode ocorrer no



futuro, um evento que seja igual ou maior a X (precipitação extrema), indicada para obtenção de melhores resultados quando for o caso de séries de valores extremos anuais de eventos hidrológicos, sendo esse o método de distribuição de Gumbel.

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

Em que: P(x) representa a função cumulativa de probabilidade, e é a base do logaritmo neperiano e y a variável reduzida.

A precipitação extrema (X) pode ser obtida através da Equação 2.

$$X = x + \frac{S_x}{S_n} (Y - Y_n) \quad (2)$$

Onde: x é a média da série de dados, S_x é o desvio padrão da série histórica, S_n é o desvio padrão da variável reduzida, Y_n é a média da variável reduzida e Y a variável reduzida, que é dada pela Equação 3.

$$Y = -\ln [-\ln (1 - \frac{1}{T})] \quad (3)$$

Através dessas equações pode-se obter as intensidades máximas com base nos períodos de retorno adotados.

Desse modo, a Equação 4 representa a intensidade, duração e a frequência da precipitação (IDF) ou equação de chuvas intensas.

$$I_m = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad (4)$$

Em que: I_m = intensidade máxima média de precipitação, mm h⁻¹; T = período de retorno, anos; t = duração da precipitação, min; K, m, b, e n são parâmetros de ajuste relativos a cada localidade estudada.

De forma a determinar os parâmetros da equação IDF, pode-se reescrever a Equação 4 em função de C, conforme descrito nas Equações 5 e 6 e, posteriormente, a Equação 5 será transformada na equação da reta, segundo as propriedades logarítmicas, sendo essa a Equação 7.

$$I_m = \frac{C}{(t+b)^n} \quad (5)$$

$$C = K \cdot T^m \quad (6)$$

$$\log_{i_m} = \log_c - n \cdot \log_{(t+b)} \quad (7)$$

Em consonância com Villela e Mattos (1975), b será determinado através de tentativas mediante análises de regressão aplicada aos valores dos logaritmos da intensidade de chuva ($\log_{i_m}$) para um certo período de retorno (T) e relacionado aos logaritmos de durações ($\log_t$).

Posteriormente, utilizando a regressão linear, foram construídos gráficos de dispersão linear simples, em que as ordenadas terão o valor de ($\log_{i_m}$) e as abscissas ($\log_{(t+b)}$), possibilitando estimar o valor do coeficiente angular (n) e o coeficiente linear ($\log_c$) para cada período de retorno (T). Já os parâmetros K e m também serão estimados pelo método dos mínimos quadrados, conforme a Equação 8.

$$\log_c = \log_k + m \cdot \log_T \quad (8)$$

Em que: $\log k$ e m são os coeficientes linear e angular da reta, respectivamente.

A fim de melhor ajustar os parâmetros da equação IDF, pode-se calcular o EPE, que é o erro padrão de estimativa, conforme a Equação 9.

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n \frac{(I_c - I_o)^2}{I_o}}{n}} \quad (9)$$

Em que: I_c é a intensidade (mm/h) calculada através da equação IDF; I_o é a intensidade (mm/h) extraída do melhor ajuste de distribuição; N é o número de durações.

De posse dos valores obtidos nas equações IDF, foi possível elaborar as curvas de intensidade, duração e frequência, sendo possível verificar a intensidade da precipitação máxima que foi estimada pela distribuição de Gumbel para diferentes períodos de retorno, bem como pela equação IDF.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros necessários e ajustados para a obtenção da equação IDF para o município de Limoeiro do Norte foram: $K = 744,885$, $a = 0,192$, $b = 9,778$ e $c = 0,741$. A equação IDF, apresentou um ótimo ajuste dos parâmetros, com o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,990$) e o erro padrão da estimativa ($EPE = 0,124$), evidenciando uma boa precisão do modelo da equação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram obtidos os parâmetros da curva IDF: $K = 744,885$, $a = 0,192$, $b = 9,778$, $c = 0,741$. A equação IDF apresentou um ótimo ajuste nos parâmetros, com o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,990$) e o erro padrão da estimativa ($EPE = 0,124$), evidenciando uma boa precisão do modelo da equação IDF. Portanto, o conhecimento do comportamento pluviométrico auxilia no planejamento urbano, dimensionamento de obras hidráulicas, bem como no âmbito socioeconômico da região.

Lira *et al.* (2024), obteve resultados próximos, com relação ao coeficiente de determinação ($R^2 = 0,992$) e o erro padrão da estimativa ($EPE = 0,111$), evidenciando uma boa precisão do modelo da equação IDF, para o município de Pau dos Ferros-RN, cujos parâmetros são: $K = 706,009$, $a = 0,179$, $b = 9,778$, $c = 0,741$ numa série histórica 1992 a 2021 (30 anos).

AGRADECIMENTOS: : A UFERSA e a FUNCEME pelo fornecimento dos dados climáticos e as ferramentas para o desenvolvimento da pesquisa.



REFERÊNCIAS

BERNARD, M. M. **Formulas for rainfall intensities of long duration**. American Society of Civil Engineers, 40p. 1930.

CAMPOS, A. R. *et al.* **Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí**. Centro de Ciência Agrárias – Universidade Federal do Ceará. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 3, p. 488-498, jul-set, 2014. Fortaleza, Ceará.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana**: manual de projeto. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986. 466p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – IBGE: Dados territoriais, demográficos e sociais, (2024). Acesso em: 07 de set. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/p>.

LIRA, M. F. De. *et al.*; Equação de intensidade, duração e frequência (IDF) para o município de Pau Dos Ferros/RN. In: X CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 20., 2024. Campina Grande. **Anais [...]**. Realize Editora, 2024. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/111380>>. Acesso em: 27/10/2025 22:06

SILVA, J. F. *et al.* **Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil**. Journal of Biogeography, v. 33, n. 3, p. 536-548, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x>.

SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P.V.; de ARAÚJO, L.E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 5(2), 250-268. 2012.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1975. 245 p.

