

EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS DO MUNICÍPIO DE SERRA GRANDE, ESTADO DA PARAÍBA

Fagna Maria Silva Cavalcante ¹; Mariana Lima Figueredo ²; Sara Alves de Carvalho Araújo Guimarães³; Raniele Adame Gomes⁴; Manoel Moisés Ferreira De Queiroz ⁵

1- *Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - email:cavalcante.fagna@gmail.com*

2- *Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - email:mariana.lima.figueredo@gmail.com*

3- *Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - email:saraalves238@gmail.com*

4- *Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - email:ranieleadame@gmail.com*

5- *Professor Associado do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande –CCTA/UFCG – email:mmfqueiroz@gmail.com*

INTRODUÇÃO

Chuvas que apresentam grandes lâminas precipitadas em pequenos intervalos de tempo são chamadas de chuvas intensas ou chuvas extremas (ARAÚJO *et al.*, 2008). Nestas situações, é fundamental estabelecer as relações intensidade-duração-frequência (Curvas I-D-F) indispensáveis ao desenvolvimento de projetos hidrológicos, na determinação da chuva e hietograma de projeto, necessários nas estimativas de vazões de projeto para dimensionamento de estruturas hidráulicas, aplicados a drenagem pluvial. Estas relações podem ser representadas por meio de equações de chuvas intensas ou de forma gráfica nas curvas IDF, ajustadas a dados de intensidades de chuvas, para várias durações e tempos de recorrência obtidos em pluviógrafos. Devido à escassez de dados pluviográficos, as obtenções das curvas IDF e da equação de chuva são feitas, por meio de regressões não linear (ARAGÃO *et al.*, 2013), a partir da desagregação de valores máximos de chuvas diárias anuais extraídos da série de dados pluviométricos existentes em abundância, usando coeficientes de desagregação conforme CETESB (1986).

O método Gumbel-Chow, apresentado por Chow (1964) vem sendo frequentemente utilizado para análises de eventos extremos de chuvas diárias anuais, devido segundo KOBERG e EGGERS (1973), a facilidade de seu ajuste através do método dos momentos e sua validade para períodos de retornos até 100 anos, como os empregados em drenagem urbana e de estradas. Tendo em vista a importância do conhecimento das curvas intensidade-duração-frequência e da equação de chuvas de uma região para o adequado dimensionamento das estruturas hidráulicas municipais e da

(83) 3322.3222

contato@aguanosemiarido.com.br

www.aguanosemiarido.com.br

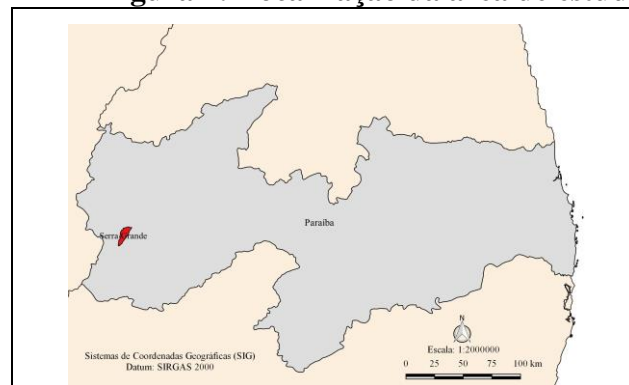


gestão eficiente dos volumes de águas pluviais, o presente trabalho teve como objetivo determinar a equação de chuvas intensas para o município de Serra Grande-PB, a partir da desagregação de chuvas máximas diárias anuais observadas no referido município.

METODOLOGIA

O município de Serra Grande-PB está localizado na mesorregião do sertão paraibano, segundo as coordenadas geográficas de 07° 12' 54'' de latitude S e 38° 22' 12'' de longitude W e altitude de 593 metros (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2017).

Para o estudo utilizou-se os dados de precipitação das Estações Pluviométricas, Serra Grande (07° 15' 00'' latitude S, 38° 19' 00'' longitude W) e Açude Cafundó (7° 12' 20'' latitude S, 38° 22' 32'' longitude W) pertencente a Agência Nacional das Águas (ANA) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), respectivamente, referente ao período de observação de 1935 a 2016.

Para as séries de intensidades de chuva, com diferentes durações e períodos de retornos, obtidas pelo processo de desagregação de chuvas máximas diárias, proveniente do ajuste da distribuição de Probabilidade Gumbel, foram obtidos os parâmetros K , m , b e n da equação intensidade, duração e frequência (Equação 1) por meio de regressão linear.

$$I = \frac{K(TR)^m}{(t+b)^n} \quad (1)$$

Onde: I – intensidade máxima média de precipitação, mm h⁻¹; TR – período de retorno, anos; t – duração da precipitação, min.; K , m , b e n – parâmetros ajustados com base nos dados de intensidade de chuva, desagregados dos dados máximos diários anuais pluviométricos da localidade.

Procedeu-se a análise de consistência dos dados de chuva diária obtidos no banco de dados da Hidroweb e AESA, correspondente ao período de 1935 a 2016, a qual possibilitou a obtenção de uma série de chuva máxima diária anual com 73 anos de extensão. Realizou-se o ajuste da distribuição de probabilidade Gumbel a referida série de máximos, através das seguintes equações:

$$P(X \geq x) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (2)$$

Sendo a probabilidade $P(X \geq x)$ de um valor extremo qualquer X da série ser maior ou igual a x , ou seja, $P = [1 - F(x)]$, e y é a variável reduzida ou variável Gumbel, expressa como:

$$y = (x - x_f) \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \quad (3) \quad \text{em que} \quad x_f = \bar{x} - \sigma_x \frac{\bar{y}_n}{\sigma_n} \quad (4)$$

Sendo: σ_n o desvio padrão da variável reduzida y ; σ_x o desvio padrão da variável X e x_f a moda dos valores extremos X ; \bar{x} a média aritmética da variável X e \bar{y}_n a média aritmética da variável reduzida y . Considerando que $\bar{y}_n = 0,57$ e $\sigma_n = 1,28$ quando $n = \infty$ e combinando as equações 3 e 4, obtém-se:

$$y = \frac{x - \bar{x} + 0,45\sigma_x}{0,7797\sigma_x} \quad (5)$$

Aplicou-se o processo de desagregação de chuva utilizando os coeficientes de desagregação propostos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1986), cujos valores estão apresentados na Tabela 1. Tais procedimentos possibilitaram a obtenção de valores de chuva para as durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 min, resultando nos valores de intensidade de chuva, em mm/h, para os respectivos valores de duração da chuva.

A partir a equação 2, considerando que o período de retorno $TR = 1/P(X \geq x)$ tem-se que $y = -\ln(-\ln(T + 1/T))$. Aplicando a Equação de Vem Te Chow $X_T = \bar{x} + k_T y$, em que $k_T = 0,7797y - 0,45$ obtiveram-se os valores de chuva para os valores de período de retorno 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 e 100 anos.

Os valores de intensidade de chuva para as durações de 5 a 1440 mm e períodos de retornos citados foram utilizados para a confecção das curvas i-d-f.

Tabela 1: Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva: CETESB (1986)
(Continua)

Relação entre chuvas	Fator de desagregação
1 dia/24 horas	1,14
12 horas/24 horas	0,85

(Continuação)

Relação entre chuvas	Fator de desagregação
10 horas/24 horas	0,82
8 horas/24 horas	0,78
6 horas/24 horas	0,72
1 hora/24 horas	0,42
30 min/1 horas	0,74
25 min/30 min	0,91
20 min/30 min	0,81
15 min/30 min	0,70
10 min/30 min	0,54
5 min/30 min	0,34

As curvas i-d-f serem representada por uma equação matemática de chuvas intensas do tipo

$$I = \frac{C}{(t + b)^n} \quad (6)$$

Em que: $C = K(TR)^m$; K , m , n e b são parâmetros empíricos da equação; I a intensidade de chuva, em mm/h; TR o período de retorno, em anos; e t a duração da chuva em min. Com a transformação logarítmica da equação 6 resulta em:

$$\text{Log } I = \text{log } C - n \text{ log}(t + b) \quad (7)$$

A qual é semelhante à equação linear $y = A - Bx$, em que $y = \text{log}(I)$ e $x = \text{log}(t + b)$. A aplicação de logarítmicos aos dados de intensidade de chuva I e aos valores de tempo $(t + b)$ resultou em relações lineares entre as duas variáveis transformadas, que aplicando ajustes de regressão lineares através do método de ajuste dos mínimos quadrados obtiveram-se equações lineares para os diferentes valores de períodos de retornos, estimando-se os parâmetros n e b da equação 6.

A transformação logarítmica da relação $C = K(TR)^m$ resultou na equação linear $\text{log}C = \text{log}K + m\text{log}TR$, em que o $\text{log}C$ é o coeficiente linear da equação 7. O ajuste da equação linear aos dados transformados $\text{log}TR$ versus $\text{log}C$, usando o método dos mínimos quadrados permitiu a obtenção dos parâmetros m e K da equação 1 de chuvas intensas.

A avaliação do ajuste dos parâmetros da equação IDF foi realizada pelo coeficiente de determinação R^2 , obtida pelo quadrado do valor de r fornecido pela equação 8.

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}} \quad (8)$$

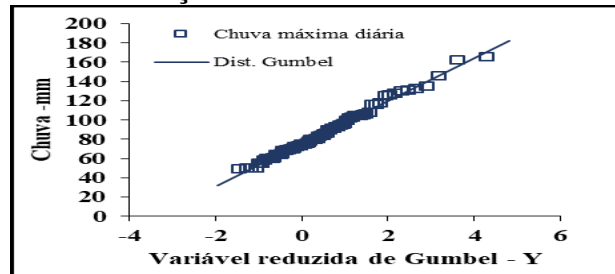
Onde: X – valores observados; \bar{X} - valores médios observados; Y – valores estimados; \bar{Y} - valores médios estimados.

Todas as etapas deste trabalho foram desenvolvidas empregando-se planilhas eletrônicas Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ajuste da distribuição Gumbel à série de valores extremos de chuva diária do município de Serra Grande-PB está exibido na Figura 2.

Figura 2 – Ajuste da distribuição Gumbel aos dados de chuva máxima diária anual



Fonte: Autores (2017).

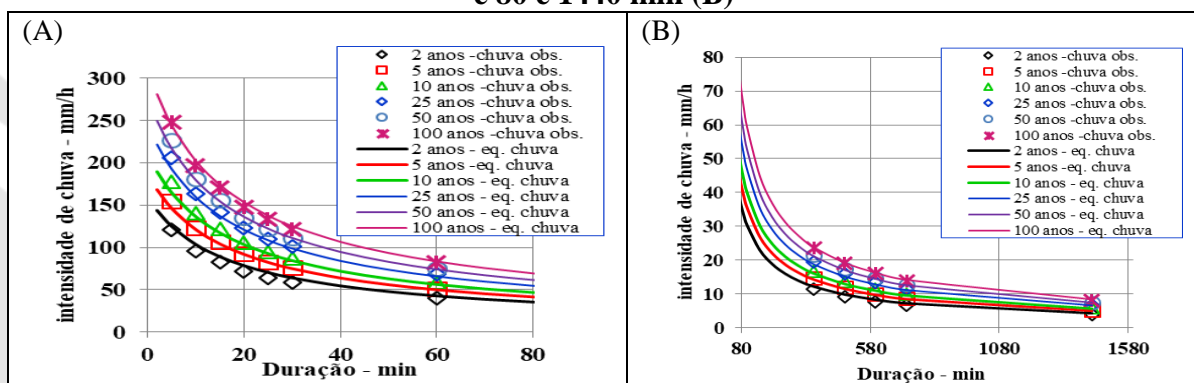
Os valores de intensidades de chuvas obtidos da desagregação das chuvas máximas diárias fornecidas pelo ajuste da distribuição Gumbel (Tabela 2), juntamente com as curvas de intensidade de chuva fornecidas pela equação de chuva ajustada, estão apresentados nas Figura 3.

Tabela 2- Valores de intensidades de chuva em mm/h para diferentes durações e períodos de retorno

Duração (min)	TR - Período de Retorno (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	75	100
5	120,33	154,54	177,18	189,96	198,91	205,80	227,02	239,36	248,10
10	95,56	122,72	140,71	150,85	157,96	163,43	180,28	190,08	197,02
15	82,58	106,06	121,60	130,37	136,50	141,23	155,80	164,27	170,26
20	71,67	92,04	105,53	113,14	118,47	122,57	135,21	142,56	147,76
25	64,41	82,72	94,85	101,69	106,47	110,16	121,53	128,13	132,80
30	58,99	75,75	86,86	93,12	97,50	100,88	111,29	117,33	121,62
60	39,86	51,19	58,69	62,92	65,88	68,16	75,19	79,28	82,17
360	11,39	14,62	16,77	17,98	18,82	19,48	21,48	22,65	23,48
480	9,25	11,88	13,62	14,61	15,29	15,82	17,46	18,40	19,08
600	7,78	9,99	11,46	12,28	12,86	13,31	14,68	15,48	16,04
720	6,72	8,63	9,90	10,61	11,11	11,50	12,68	13,37	13,86
1440	3,95	5,08	5,82	6,24	6,54	6,76	7,46	7,87	8,15

Fonte: Autores (2017).

Figura 3 - Curvas idf observadas e geradas pela equação de chuva entre 2 e 80 min (A) e 80 e 1440 min (B)



Fonte: Autores (2017).

As regressões lineares dos valores de $\log I$ e $\log (t + b)$ resultaram em valores de n e b de 0,768 e 13 respectivamente com $R^2 = 0,9999$. Já a regressão linear realizada sobre os valores $\log C$ e $\log TR$ forneceu valores de K e m de 1022,6 e 0,1714, respectivamente com $R^2 = 0,9756$. Finalmente obteve-se a equação de chuvas intensas para o município de Serra Grande, válida para períodos de retornos entre 2 e 100 anos, conforme descrito na equação.

Determinados todos os parâmetros (K , m , b e n) da equação IDF, pode-se escrever a equação geral que representa a intensidade-duração-frequência da cidade de Serra Grande, estado da Paraíba.

$$I = \frac{1022,6 * T^{0,1714}}{(t + 13)^{0,768}} \quad (9)$$

CONCLUSÕES

A distribuição Gumbel ajustou adequadamente os dados de chuva máxima diária anual do município de Serra Grande. O processo de desagregação de dados de chuva máxima diária anual obtido em pluviômetro possibilitou a determinação equação de chuvas intensas bem ajustada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA, **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: março de 2017.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: março de 2017.

ARAGÃO, R. *et al.* **Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 3, p. 243-252, 2013.

ARAÚJO, L. E. *et al.* **Análise estatística de chuvas intensas da bacia hidrográfica do Rio Paraíba**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008.

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

CHOW, V. **Handbook of applied hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1964.

KOBERG, D.; EGGERS, H. **Some aspect for the selection of an adequate probability distribution for flood analysis**. International Symp. *River Mech. Proc. IAHR*. Bangkok, v.2, p. 229-239, 1973.