

CHUVAS INTENSAS OBTIDAS DA DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS DIÁRIAS PLUVIOMÉTRICAS EM PRINCESA ISABEL-PB.

Renata Luana Gonçalves Lourenço¹; Lucas Bezerra do Santos Pereira²; Maria Juliana Gonçalves Lourenço³; Sara Alves de Carvalho Araújo Guimarães⁴; Manoel Moisés Ferreira de Queiroz⁵

- 1- *Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - email:rlgl.goncalves@gmail.com*
- 2- *Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande – email: lucadsss@hotmail.com*
- 3- *Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande – email:juliana.eng.ambiental.jga@gmail.com*
- 4- *Graduanda de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grade – email:saraalves238@gmail.com*
- 5- *Professor Associado do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande –CCTA/UFCG – email:moises@ccta.ufcg.edu.br*

INTRODUÇÃO

A utilização de equações de chuvas intensas é a forma mais usual para estimar uma intensidade de chuva a ser aplicada na determinação de vazões de cheia (Tucci, 1998; Chow et al., 1988; Genovez, 2001). Para estimar os parâmetros de chuvas intensas, trabalha-se com regressão múltipla não-linear utilizando-se séries históricas de dados de chuvas máximas com vários tempos de duração, extraídos de pluviogramas cotados. Quando não se dispõe deste instrumento, pode-se trabalhar com dados pluviométricos de chuvas máximas diárias anuais aplicando-se o processo de desagregação de chuvas, que é bastante comum (Mello et al., 2001; Cardoso et al., 1998).

A impermeabilização do solo, causada pelo desenvolvimento da malha urbana, altera profundamente o escoamento superficial das águas pluviais. O volume que, anteriormente à urbanização era retido pela vegetação e infiltrava no solo, passa a escoar rapidamente até atingir os canais de drenagem, o que resulta em um aumento significativo da vazão máxima dos rios, causando inundações que podem ter consequências catastróficas (SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO, 2012).

Segundo Tucci (2009), para projetos de obras hidráulicas, como vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, entre outros, é necessário conhecer as três grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência (ou tempo de retorno).

Diante dos problemas ocasionados pelas chuvas, a hidrologia estatística apresenta-se como uma ferramenta imprescindível ao diagnóstico hidrológico, estudo das consequências do fenômeno e apoio à elaboração de medidas bem planejada, associando o risco envolvido na possibilidade de ocorrência de falhas das estruturas hidráulicas empreendidas.

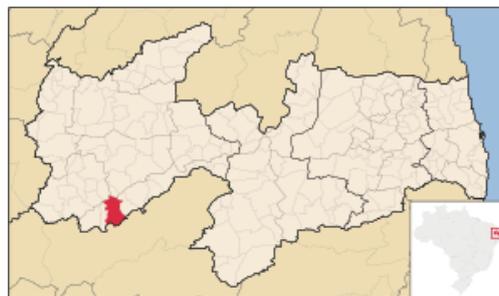
O estabelecimento das relações da intensidade, duração e frequência das chuvas intensas e a consequente determinação da equação de chuva para o município de Princesa Isabel tem como principal relevância possibilitar o adequado dimensionamento das estruturas hidráulicas municipais, resultando na maior segurança de funcionamento dessas estruturas, além de reduzir custos das manutenções de obras de drenagem pluviais urbana e de estradas.

O presente estudo teve como objetivo estabelecer as relações de intensidade duração e frequência das chuvas intensas, através das curvas IDF e da determinação da equação de chuvas intensas, a partir da desagregação de chuvas máximas diárias anuais de dados pluviométricos do município de Princesa Isabel.

METODOLOGIA

Princesa Isabel é um município brasileiro do estado da Paraíba localizada segundo as coordenadas geográficas com latitude 07°44'12" sul e à longitude 37°59'36" oeste, com altitude de 683 metros. Sua população estimada em 2016 era de 23.247 habitantes, distribuídos em 368 km² de área (Figura 1).

Figura 1 – Localização do município de Princesa Isabel na Paraíba



Fonte: Google Imagens

Para análise de dados necessários ao referente trabalho, foi utilizada a série histórica de dados pluviométricos de chuva diária do município de Princesa Isabel, contendo dados obtidos na Agência Nacional das Águas (ANA) e na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

A série histórica de chuva máxima diária anual obtida da base de dados de chuvas diárias foi submetida ao ajuste da distribuição de probabilidade Gumbel, usando o método dos momentos para



estimativa de seus parâmetros. A partir deste ajuste obtiveram-se valores de chuva máxima diária anual referente aos períodos de retornos de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 e 100 anos. Estes valores foram submetidos ao processo de desagregação, utilizando os fatores de desagregação proposto pela CETESB (1986). Este procedimento possibilita a obtenção de alturas de precipitação para as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 min.

Os valores de intensidade de chuva para as durações de 5 a 1440 mm e períodos de curvas i-d-f serem representada por uma equação matemática de chuvas intensas do tipo:

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

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:

$$\text{Log } I = \text{log } C - n \text{log}(t + b) \quad (2)$$

A qual é semelhante à equação linear $y=A - B x$, 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 1.

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 2. 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 3.

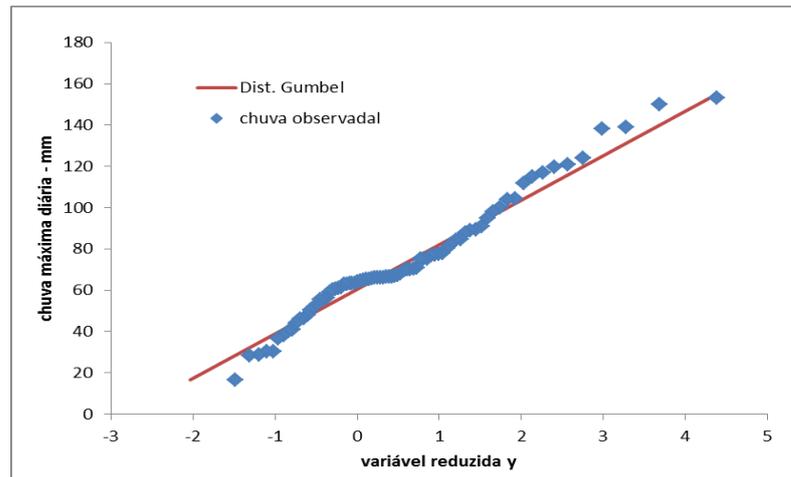
$$r = \frac{\sum(X - \bar{X}).(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X}).(Y - \bar{Y})}} \quad (3)$$

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 Princesa Isabel-PB está exibido na Figura 2.

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



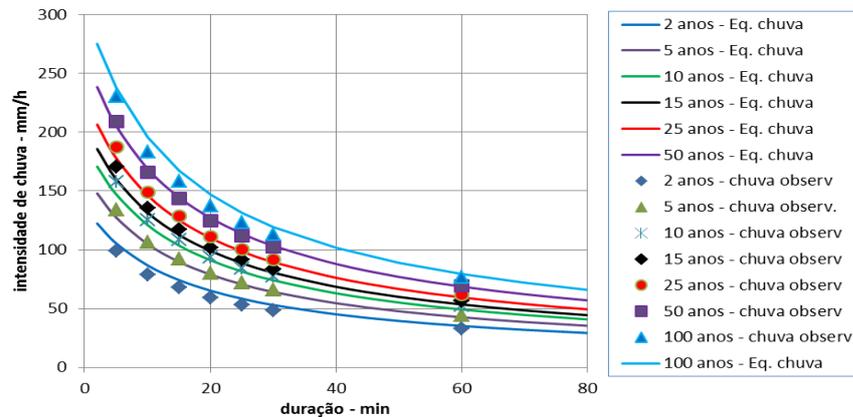
Fonte: Autoria Própria, 2017

Os valores de intensidades de chuvas obtidos da desagregação das chuvas máximas diárias fornecidas pelo ajuste da distribuição Gumbel (Tabela 1), juntamente com as curvas de intensidade de chuva fornecidas pela equação de chuva ajustada, estão apresentados nas Figuras 3 e 4.

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

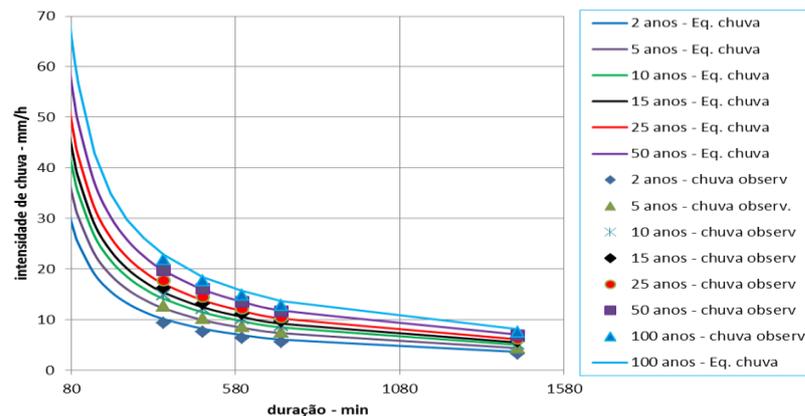
Tempo -min	2 anos	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos	75 anos	100 anos
5	98,89	134,24	157,64	170,85	180,09	187,21	209,15	221,90	230,92
10	78,53	106,60	125,19	135,67	143,01	148,67	166,09	176,21	183,38
15	67,87	92,12	108,19	117,25	123,59	128,48	143,53	152,28	158,48
20	58,90	79,95	93,89	101,75	107,26	111,50	124,57	132,16	137,54
25	52,94	71,86	84,38	91,45	96,40	100,21	111,96	118,78	123,61
30	48,48	65,80	77,28	83,75	88,28	91,77	102,52	108,77	113,20
60	32,75	44,46	52,21	56,59	59,65	62,01	69,27	73,50	76,48
360	9,36	12,70	14,92	16,17	17,04	17,72	19,79	21,00	21,85
480	7,60	10,32	12,12	13,14	13,85	14,39	16,08	17,06	17,76
600	6,39	8,68	10,19	11,05	11,65	12,11	13,52	14,35	14,93
720	5,52	7,50	8,81	9,54	10,06	10,46	11,68	12,40	12,90
1440	3,25	4,41	5,18	5,61	5,92	6,15	6,87	7,29	7,59

Figura 3 - Curvas idf observadas e geradas pela equação de chuva entre 2 e 80 min



Fonte: Autoria Própria, 2017

Figura 4 – Curvas idf observadas e geradas pela equação de chuva entre 80 e 1440 min



Fonte: Autoria Própria, 2017

As regressões lineares dos valores de $\log I$ e $\log (t + b)$ resultaram em valores de n e b de 0,7594 e 12 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 786,3 e 0,2072, respectivamente com $R^2 = 0,9693$. Finalmente obteve-se a equação de chuvas intensas para o município de Princesa Isabel, válida para períodos de retornos entre 2 e 100 anos, conforme descrito na equação 4.

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

$$I = \frac{786,3 \cdot T^{0,2072}}{(t+12)^{0,7594}} \quad (4)$$

CONCLUSÕES

A distribuição Gumbel ajustou adequadamente os dados de chuva máxima diária anual do município de Princesa Isabel. 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

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em:
Acesso em: 09 jun. 2016

ARAGÃO, R., SANTANA, G.R., COSTA, C.E.F.F., CRUZ, M.A.S., FIGUEREDO, E.E., SRINIVASAN, V.S., 2013. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 17, 243-252.

TUCCI, C.E.M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 669p

CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R. & MAYS, L.W. Applied hydrology. New York, McGraw-Hill, 1988. 572p.

GENOVEZ, A.B. Vazões máximas. In: PAIVA, J.B.D. & PAIVA, E.M.C.D., orgs. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. p.33-112

MELLO, C.R.; FERREIRA, D.F.; SILVA, A.M. & LIMA, J.M. Análise de modelos matemáticos aplicados ao estudo de chuvas intensas. R. Bras. Ci. Solo, 25:693-698, 2001

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos: fundamentos. São Paulo, 2012. 222 p