

A EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS DE PRESIDENTE PRUDENTE E SUA RELAÇÃO COM EQUAÇÕES GERADAS PARA OUTROS MUNICÍPIOS PAULISTAS

Ademir Goulart Figueiredo ¹

Resumo - Neste estudo, inicialmente, com a utilização de dados de chuvas intensas, medidos na Estação Meteorológica da FCT/UNESP de Presidente Prudente, e aplicações de métodos estatísticos, pormenorizadamente, obteve-se uma equação de chuvas intensas para o município de Presidente Prudente, situado no oeste do Estado de São Paulo. Na seqüência executou-se uma análise comparativa da equação desenvolvida com outras equações de chuvas intensas geradas, para alguns municípios do Estado de São Paulo, com a finalidade de identificar relações e/ou comparações entre equações e ao mesmo tempo oferecer ao meio técnico, resultados atualizados, confiáveis e que possam servir para dimensionamentos de projetos de obras de drenagem econômicos e eficientes.

Abstract – In this study, initially with the use of heavy rain data measurement in the meteorological station of the FCT/ UNESP in Presidente Prudente, situated in the west region of São Paulo State, and applying the statistical method, in details, an equation of heavy rain to the municipality of Presidente Prudente was obtained. In the sequence a comparative analysis of the developed equation with other equations of heavy rain generated to some municipalities of São Paulo State were executed, aiming at the identification relations and / or comparisons between equations and at the same time offering the technical modern community, trustable results, which may serve to the dimensionament of sewers design work in an economical and efficient way.

Palavras –Chave: chuvas intensas, drenagem urbana, inundações.

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, C.P. 957, CEP 19060-900, fone (0182) 221-5388 fax (018) 223-2227 e-mail ademir@prudente.unesp.br Presidente Prudente (SP)

INTRODUÇÃO

Com o intenso processo de urbanização que se verifica no Estado de São Paulo os problemas causados pelas enchentes vem se agravando a cada ano, conseqüentemente exigindo investimento de recursos cada vez mais vultosos em obras de drenagem e proteção.

Os estudos de drenagem urbana geralmente envolvem cursos d'água de pequeno porte, desprovidos de registros fluviométricos, nos quais a estimativa das cheias é feita com base nos dados de chuvas intensas.

Entretanto, os dados de chuvas intensas de curta duração e alta intensidade, são bastante escassos na maior parte do País e, mesmo em regiões onde a densidade dos postos pluviográficos é satisfatória, verifica-se que os registros disponíveis carecem de tratamento sistemático que permita a sua pronta utilização.

Para obtenção de uma equação de chuvas intensas para o município de Presidente Prudente, situado no oeste do Estado de São Paulo, utilizou-se dados de chuvas intensas, medidos na Estação Meteorológica da FCT / UNESP de Presidente Prudente, (Lat. 22° 07 ' S, Long. 51° 23' W e Altitude de \cong 436 m) e aplicou-se o método estatístico de Gumbel, o qual foi preferido por diversos autores que são referências importantes na literatura do assunto. Após obtenção da equação de chuvas intensas para o município de Presidente Prudente, executou-se uma análise comparativa da equação desenvolvida, com outras equações de chuvas intensas geradas por outros autores, para alguns municípios do Estado de São Paulo. Este estudo tem como objetivo oferecer ao meio técnico, resultados atualizados, confiáveis e que possam servir para dimensionamentos de projetos de obras de drenagem econômicos e eficientes.

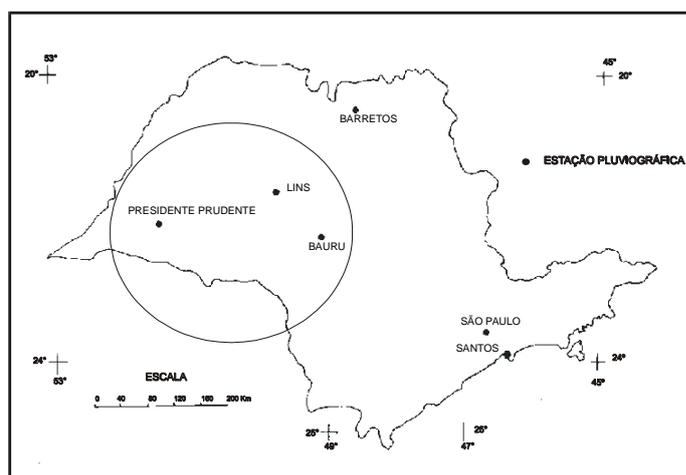


Figura nº 01 Localizações dos municípios, no Estado de São Paulo, cujas equações de chuvas intensas foram comparadas.

METODOLOGIA

Para desenvolvimento da equação de chuvas intensas para o município de Presidente Prudente seguiu-se o livro “Engenharia de Drenagem Superficial”, de Wilken (1978) e a apostila denominada “Análise de Frequência dos eventos hidrológicos”, de Wilken (1981).

A primeira etapa foi a determinação de uma equação do tipo:

$$i_{t,Tr} = B Tr^d \cdot (t + c)^{-b} \quad (1)$$

onde:

“i” é intensidade de chuva (mm / min)

“t” é duração (min)

“Tr” é período de retorno (anos)

“B”, “d”, “c”, “b” são parâmetros da equação

Este tipo de equação foi preferido por diversos autores que são referências importantes na literatura do assunto, como Parigot de Souza para Curitiba, Paulo Sampaio Wilken para São Paulo e outros.

Após obter os dados medidos na Estação Meteorológica da FCT/ UNESP de Presidente Prudente, executou-se uma análise dos pluviogramas envolvendo a seleção dos maiores eventos ocorridos no período de 1972 a 1982, total de 11 anos, determinando para cada um, as intensidades máximas (séries anuais conforme sugerido por Chow), correspondentes às durações de 5 min, 15 min, 30 min, 1 hora e 2 horas, para a dedução de uma equação de chuvas intensas válida entre 5 min e 2 horas.

Para cada duração as frequências foram analisadas, aplicando o método estatístico de Gumbel, e no passo seguinte foram calculadas as constantes da equação de chuvas. Em diagrama bilogarítmico foi feito, pelo princípio dos quadrados mínimos, o ajustamento dos resultados para os períodos de retorno escolhidos e como resultado final obteve-se a equação de chuvas intensas.

A análise comparativa da equação desenvolvida, com outras equações de chuvas intensas geradas por outros autores, para alguns municípios paulista, foi executada através de aplicações de todas as equações envolvidas, ou seja; adotando-se um tempo de duração (t) de chuva de 10 minutos e tempos de retornos (Tr) de 2; 5; 10; 20; 50 e 100 anos; para cada uma das seis equações de chuvas intensas utilizadas, obteve-se valores das alturas pluviométricas, correspondentes à 10 minutos de duração da chuva, em função de cada período de retorno. Como são seis períodos de retornos e seis equações, determinou-se seis alturas pluviométricas para cada equação de chuva intensa adotada, totalizando 36 alturas pluviométricas.

Para analisar os resultados, plotou-se todos os valores determinados num papel de probabilidade de Gumbel, (na ordenada as alturas pluviométricas e na abscissa os períodos de retornos) obtendo uma reta média, representativa da altura pluviométrica, em função dos períodos de retornos, para cada uma das equações de chuvas intensas estudadas.

Equações de Chuvas Intensas, desenvolvidas por Magni e Mero (1982)

sendo: i mm / min ; t em min ; Tr em anos

DE LINS

Lat. 21° 40' S Long. 49° 45' W Altitude \cong 426 m

$$i_{t,Tr} = (t + 15)^{-0,916} \cdot [27,24 - 9,82 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 10 \leq t \leq 60 \quad (2)$$

$$i_{t,Tr} = (t + 5)^{-0,768} \cdot [12,79 - 4,61 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 60 \leq t \leq 1440 \quad (3)$$

Período com dados: de 1950 a 1962 (13 anos)

DE BAURU

Lat. 22° 19' S Long. 49° 04' W Altitude \cong 590 m

$$i_{t,Tr} = (t + 15)^{-0,719} \cdot [13,57 - 4,17 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 10 \leq t \leq 60 \quad (4)$$

$$i_{t,Tr} = (t + 15)^{-0,860} \cdot [24,40 - 7,49 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 60 \leq t \leq 1440 \quad (5)$$

Período com dados: de 1944 a 1971 (28 anos)

DE BARRETOS

Lat. 20° 23' S Long. 48° 34' W Altitude \cong 541 m

$$i_{t,Tr} = (t + 20)^{-0,849} \cdot [19,18 - 5,37 \cdot \ln \ln (Tr - 0,5)] \text{ para } 10 \leq t \leq 60 \quad (6)$$

$$i_{t,Tr} = (t + 20)^{-0,834} \cdot [17,78 - 4,98 \cdot \ln \ln (Tr - 0,50)] \text{ para } 60 \leq t \leq 1440 \quad (7)$$

Período com dados: de 1948 a 1949 e de 1958 a 1965 (10 anos)

DE SÃO PAULO

Lat. 23° 39' S Long. 46° 38' W Altitude \cong 805 m

$$i_{t,Tr} = (t + 20)^{-0,914} \cdot [31,08 - 10,88 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 10 \leq t \leq 60 \quad (8)$$

$$i_{t,Tr} = t^{-0,821} \cdot [16,14 - 5,65 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 60 \leq t \leq 1440 \quad (9)$$

Período com dados: de 1931 a 1979 (49 anos)

DE SANTOS

Lat. 23° 56' S Long. 46° 20' W Altitude \cong 14 m

$$i_{t,Tr} = (t + 20)^{-0,76} \cdot [15,53 - 6,08 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 10 \leq t \leq 60 \quad (10)$$

$$i_{t,Tr} = t^{-0,662} \cdot [8,60 - 3,36 \cdot \ln \ln (Tr / Tr - 1)] \text{ para } 60 \leq t \leq 1440 \quad (11)$$

Período com dados: de 1924 a 1972 (49 anos)

RESULTADOS

Equação de Chuvas Intensas Gerada para o Município de Pres. Prudente

$$i_{t,Tr} = 21,20 Tr^{0,271} \cdot (t + 28)^{-0,85} \text{ para } 5 \leq t \leq 120 \quad (12)$$

Período com dados: de 1972 a 1982 (11 anos)

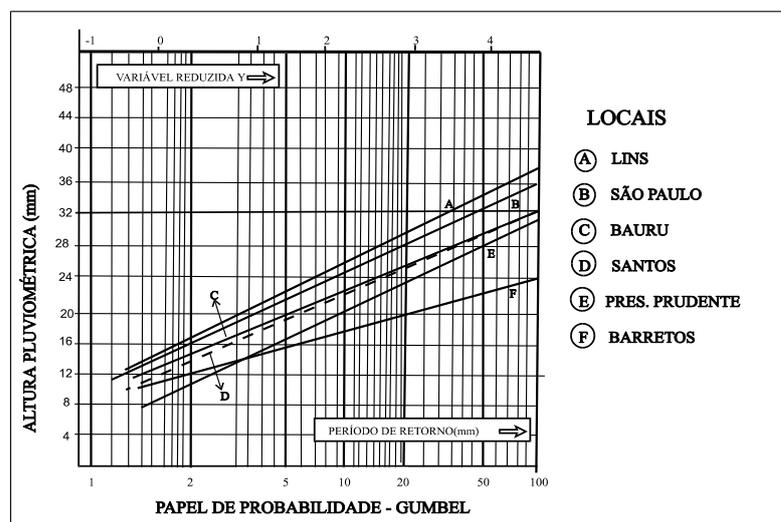


Figura nº 01 Alturas Pluviométricas (mm), para dez minutos de duração da chuva, em função de períodos de retornos (anos), para algumas cidades Paulista.

Pela análise das retas, da figura nº 01, representativas das equações de chuvas intensas estudadas, observou-se que:

Os resultados obtidos pelas aplicações da equação de Lins, se destacaram com maiores valores, tanto em relação ao primeiro ($T_r = 2$ anos) e último períodos de retorno ($T_r = 100$ anos) como em relação aos demais resultados determinados pelas aplicações das demais equações;

Os resultados obtidos pelas aplicações das equações de Bauru e Presidente Prudente, para período de retorno de 100 anos, estão muito próximos (cerca de 2,5 %), mas para o período de retorno de dois anos a diferença é grande (cerca de 38 %);

A reta representativa da equação de Barretos está muito abaixo das demais retas, principalmente para períodos de retornos acima de 15 anos;

Pela análise das retas representativas das equações de Santos e São Paulo pode-se observar a relação entre as chuvas intensas ocorridas em regiões próximas à Serra do mar e em regiões do interior do Estado de São Paulo. No entanto, destacam-se chuvas com elevadas intensidades no município de São Paulo.

CONCLUSÕES

Embora o ideal para a região de Bauru, Lins e Presidente Prudente será adotar a equação de Lins; a equação de Presidente Prudente poderá ser utilizada para dimensionamento de projetos de micro-drenagem, com tempos de retornos de 2 a 15 anos, com um coeficiente de ajuste de 1,20. Pois, aplicando este coeficiente de ajuste, no valor obtido pela equação de Presidente Prudente, para uma chuva de dez minutos de duração e período de retorno de 15 anos, o resultado é de $\cong 26,4$ mm, que corresponde à

uma intensidade de 2,64 mm / min, a qual está muito próxima da maior intensidade pluviométrica ocorrida nos últimos anos no município de Presidente Prudente (de 2,7 mm/min, com duração de cinco minutos, no dia 14.04.1975).

Para dimensionamento de projetos de macro-drenagem, com tempos de retornos de 50 a 100 anos a equação de Presidente Prudente poderá ser utilizada diretamente, sem coeficiente de ajuste. Uma das justificativas pode ser em razão de que, para período de retorno de 100 anos, o resultado obtido pela aplicação da equação de Bauru, (gerada com utilização de dados observados durante 28 anos) é praticamente o mesmo resultado obtido pela equação de Presidente Prudente (gerada com utilização de dados observados durante 11 anos);

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MAGNI, N.L.& MERO, F.(1982) Precipitações Intensas no Estado de São Paulo, Boletim Técnico, CTH / DAEE, n° 4, 188 p.
- PORTO, R.L.L. et al. (1995) Drenagem Urbana, ABRH, Editora de UFRS, 427p.
- WILKEN, P. S.(1978).Engenharia de Drenagem Superficial,CETESP,492 p.
- WILKEN, P. S.(1981). Análise de Freqüência dos Eventos Hidrológicos, IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, ABRH, 84 p.