

ESTIMATIVA DAS EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA ALGUMAS LOCALIDADES NO ESTADO DE GOIÁS PELO MÉTODO DA DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS¹

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira², Fernando Cardoso Cortês³, Fábio de Oliveira Almeida Barbosa⁴, Patrícia de Araújo Romão⁵ e Daniel Fonseca de Carvalho⁶

ABSTRACT

ESTIMATE OF ONE OF THE EQUATIONS OF INTENSE RAINS FOR SOME PLACES IN THE STATE OF GOIÁS BY THE METHOD OF THE DISAGGREGATION OF RAINS

The estimate of the equations of intense rains was proceeded for some places of the State of Goiás using the methodology of the disaggregation of the rain of 24 hours that allowed the comparison of the results of the maximum precipitation intensities obtained by the equations with those obtained by equations adjusted based on recording gage data. The methodology of this study allowed to generate the relationship intensity-duration-frequency based on pluviometric data, and it showed to be adapted with values of ERM smaller than 14,4%, what allows its use in places where there is not readiness of registrations recording gage.

KEY WORDS: Intense rain, drainage, intensity-duration-frequency

RESUMO

Procedeu-se à estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades do Estado de Goiás com o emprego da metodologia da desagregação da chuva de 24 horas, o que permitiu a comparação dos resultados das intensidades de precipitação máximas obtidas pelas equações com as obtidas pelas equações ajustadas com base em dados de pluviogramas. A metodologia empregada neste estudo permitiu gerar a relação intensidade-duração-freqüência com base em dados pluviométricos e se mostrou adequada com valores de ERM menores que 14,4%, o que permite sua utilização em localidades em que não há disponibilidade de registros pluviográficos.

PALAVRAS-CHAVE: Chuva intensa, drenagem, intensidade-duração-freqüência

INTRODUÇÃO

Segundo Villela & Mattos (1975), para uma utilização prática dos dados de chuva nos trabalhos de drenagem de superfície, faz-se necessário conhecer a sua intensidade, duração e freqüência. Uma das formas de relacionar essas características da chuva é através da equação de chuva intensa, representada por:

$$i_n = \frac{K TR^n}{(t + b)^c} \quad [1]$$

onde:

i_m = intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

TR = período de retorno (anos); e

K, a, b, c = parâmetros relativos à localidade.

1. Extraído do trabalho "Regionalização de Chuva para Elaboração de Projeto de Drenagem Agrícola para o Estado de Goiás e Distrito Federal". Entregue para publicação em abril de 2000.

2. Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. C. Postal 131. CEP- 74001-970. Goiânia - GO. E-mail: lfco@agro.ufg.br

3. Pós-graduando em Agronomia da Universidade Federal de Goiás. E-mail: fernando@agro.ufg.br

4. Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. E-mail: twsb@bol.com.br

5. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da UFG. E-mail: patricia@iesa.ufg.br

6. UFRRJ. E-mail: carvalho@aufrrj.br

Os parâmetros da equação de chuva intensa são obtidos por meio de regressão não-linear com base nas informações extraídas de pluviogramas. A determinação da equação de chuva intensa, segundo Silva *et al.* (1999), Martinez Júnior (1999) e Costa & Brito (1999), apresenta grandes dificuldades, em função da escassez de registros pluviográficos, dos obstáculos para sua obtenção, da baixa densidade da rede de pluviógrafos e do pequeno período de observações disponível. Ressalta-se ainda que a metodologia para obtenção de registros exige um exaustivo trabalho de tabulação, análise e interpretação de uma grande quantidade de pluviogramas. Por esta razão, poucos trabalhos no Brasil têm sido desenvolvidos com esta finalidade. O trabalho clássico de estudos de chuvas intensas no Brasil foi publicado por Pfafstetter em 1957, e na literatura os mais recentes são de Fendrich (1998) para o Estado do Paraná, de Pinto *et al.* (1996) para o Estado de Minas Gerais, de Costa & Brito (1999) para o Estado de Goiás e duas cidades do Tocantins, de Silva *et al.* (1999a) e de Martinez Júnior (1999) para o Estado de São Paulo e de Silva *et al.* (1999b) para os Estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.

Algumas metodologias foram desenvolvidas no Brasil para a obtenção de chuvas de menor duração a partir de dados pluviométricos, pois existe no território nacional uma vasta rede pluviométrica, sanando desta forma os problemas apontados por Silva *et al.* (1999), Martinez Júnior (1999) e Costa & Brito (1999). Estas metodologias empregam coeficientes para transformar chuvas de 24 horas em chuvas de menor duração. Dentre essas metodologias estão a das isozonas, proposta por Torrico (1975), e a da desagregação da chuva de 24 horas, de DAEE-Cetesb (1980).

Segundo Costa & Rodrigues (1999), a metodologia das isozonas tem sido empregada como rotina pelos órgãos responsáveis pelas estradas no Estado de Goiás (Departamento de Estrada e Rodagem do Estado de Goiás–Dergo e Departamento Nacional de Estrada e Rodagem–DNER). Esses mesmos autores compararam os resultados obtidos pelo método das isozonas com os obtidos por meio de equações de chuvas intensas e encontraram desvios entre 7,5 a 54,0%, recomendando a busca de outra alternativa como metodologia de cálculo.

Em vista do exposto, esse trabalho tem por objetivo a estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades do Estado de Goiás, empregando a metodologia da desagregação da chuva de 24 horas e a comparação dos resultados das intensidades de precipitação obtidos pelas referidas

equações e as obtidas por Costa & Brito (1999).

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se neste trabalho o banco de dados pluviométricos da rede da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), com 25 anos em média de observações diárias, para doze municípios do Estado de Goiás. Para cada estação foi obtida uma série anual de valores extremos de chuvas. As séries anuais para as chuvas com duração de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos e de 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas foram obtidas pela técnica da desagregação da chuva proposta por Dae-Cetesb (1980), empregando os coeficientes apresentados na Tabela 1, o que permitiu gerar pontos suficientes para definir as curvas de intensidade-duração referentes a diferentes períodos de retorno (TR).

Tabela 1. Coeficientes de desagregação de dados pluviométricos. Goiânia, GO. 2000.

duração	24h/1dia	12h/24h	10h/24h	8h/24h	6h/24h	1h/24h
coeficientes	1,14	0,85	0,82	0,78	0,72	0,42
duração	30min/1h	25min/1h	20min/1h	15min/1h	10min/1h	5min/1h
coeficientes	0,74	0,91	0,81	0,70	0,54	0,34

A variação da intensidade com a frequência está relacionada com a probabilidade de ocorrência ou superação do evento chuva, obtida, portanto, através uma função de distribuição de probabilidade que permite a extrapolação para um número maior em anos em relação ao número de anos de observação. Em geral, as distribuições de valores extremos de grandezas hidrológicas ajustam-se satisfatoriamente à distribuição de Fisher-Tippett do tipo I, também conhecida como função de Gumbel (Villela e Mattos 1975 e Leopoldo *et al.* 1984), a qual é dada por:

$$P = 1 - \exp[-\exp(-Y_{TR})] \quad [2]$$

onde:

P = probabilidade de uma valor extremo da série ser maior ou igual à magnitude de um determinado evento e

Y_{TR} = variável reduzida.

A variável reduzida da distribuição de Gumbel é obtida pela aplicação da função de distribuição de frequência de Chow, dada pelas equações 3 e 4.

$$Y_{TR} = \frac{K_{TR} + 0,45}{0,78} \quad [3]$$

$$K_{TR} = \frac{X - \bar{X}}{S} \quad [4]$$

onde:

K_{TR} = fator de frequência;

X = evento extremo no decorrer do ano;

\bar{X} = média dos valores extremos da série histórica;

S = desvio-padrão dos valores extremos da série histórica.

A aderência da distribuição de Gumbel-Chow às séries anuais das chuvas intensas será feita pelo teste de Kolmogorov-Sminorv aos níveis de 1 e 5% de significância. Uma vez verificada a aderência da distribuição de Gumbel-Chow aos dados observados, foi determinada para cada estação a relação intensidade-duração-frequência expressa pela equação de chuvas intensas (Equação 1).

Para um mesmo período de retorno, a equação 1 pode ser simplificada conforme segue:

$$I_n = \frac{D}{(t + b)^c} \quad [5]$$

$$D = K TR^a \quad [6]$$

As equações 5 e 6 são linearizadas pela aplicação da função logaritmo, ou seja:

$$\log(i_m) = \log D - c \log(t + b) \quad [7]$$

$$\log D = \log K + a \log TR \quad [8]$$

Os coeficientes “D” e “c” são ajustados pelo método dos mínimos quadrados. Por tentativas verifica-se a constante “b” que, adicionada à duração da chuva, permite a anamorfose da curva intensidade-duração em uma reta. O valor de “b” que fornece o melhor ajuste verificado pelo coeficiente de determinação (r^2) foi o selecionado. Uma vez obtidos os valores de “D” para cada período de retorno, ajustam-se, pelo método dos mínimos quadrados, os coeficientes “K” e “a” da equação 6. Os resultados obtidos pelas equações de chuvas intensas ajustadas neste trabalho foram comparadas com as obtidas por Costa & Brito (1999), por meio do erro relativo médio (ERM).

$$ERM = 100 \sum \frac{|i_m^a - i_m^{CB}|}{i_m^a} \quad [9]$$

onde:

i_m^a = intensidade máxima média de precipitação obtida pela equação ajustada e

i_m^{CB} = intensidade máxima média de precipitação obtida pela equação de Costa & Brito (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as localidades estudadas, a distribuição de Gumbel se mostrou adequada na estimativa dos valores de i_m ao nível de significância de 1 e 5% pelo teste de Kolmogorov-Sminorv. A Tabela 2 apresenta os parâmetros das equações de chuvas intensas relativos à localidade, com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e erro relativo médio (ERM) entre os valores de i_m obtidos pelas equações geradas neste trabalho e por Costa & Brito (1999) para diferentes períodos de retorno (TR) e tempos de duração da chuva (t). A equações geradas apresentaram um bom ajuste aos dados com valores de r^2 acima de 99,0% para todas as localidades. Os ERM foram relativamente baixos, o que não inviabiliza a utilização da metodologia da desagregação de chuva de 24 horas na obtenção de chuvas de menor duração empregadas na geração da relação intensidade-duração-frequência para localidades em que não se dispõe de registros pluviográficos.

Segundo Villela & Mattos (1975) e Oliveira & Pruski (1996), na seleção do TR para estimativa da i_m empregada na elaboração de projetos de drenagem de superfície, devem-se considerar os custos da obra, o grau de risco, a vida útil da obra, o tipo de estrutura e a facilidade de reparo e ampliação da obra. Para projetos hidroagrícolas, Pruski (1993) recomenda um TR = 10 anos. Com base nesta recomendação, foram ajustadas equações lineares entre os valores de i_m , obtidos pelas equações geradas neste trabalho e por Costa & Brito (1999) para TR = 10 anos e diferentes tempos de duração de chuva. Para todas as localidades estudadas obteve-se um bom ajuste linear com os valores do coeficiente de determinação (r^2) acima de 99,0% (Tabela 3). As relações lineares obtidas permitem, assim, a transformação dos valores de i_m gerados com base na metodologia empregada neste trabalho em i_m , obtidos de registros pluviográficos.

Tabela 2. Ajuste dos parâmetros das equações de chuvas e respectivos coeficientes estatísticos para os municípios do Estado de Goiás. Goiânia, GO. 2000.

Localidade	K	a	b	c	r ²	ERM (%)
Alvorada do Norte	1018,591	0,1354	12,0	0,7598	0,9999	14,0
Alto Garças	873,374	0,1328	10,0	0,7418	0,9931	13,3
Aporé	1265,319	0,1368	15,0	0,7853	0,9975	10,3
Aruanã	1274,090	0,1520	12,0	0,7599	0,9998	11,0
Caiapônia	1138,151	0,1643	12,0	0,7599	0,9998	11,0
Campo Alegre	975,439	0,1643	12,0	0,7598	0,9998	12,0
Catalão	1018,591	0,1323	12,0	0,7600	0,9998	11,0
Ceres	959,621	0,1764	12,0	0,7601	0,9998	12,0
Goiânia	920,450	0,1422	12,0	0,7599	0,9998	13,0
Israelândia	1120,211	0,1598	12,0	0,7598	0,9917	5,6
Morrinhos	1003,460	0,1376	10,0	0,7418	0,9998	12,5
Niquelândia	972,299	0,1204	10,0	0,7420	0,9947	14,4

Tabela 3. Coeficientes estatísticos obtidos do ajuste linear entre o método descrito por Costa & Brito (1999) e o método da desagregação de chuvas. Goiânia, GO. 2000.

Localidade	A	B	r ²
Alvorada do Norte	-3,6643	1,3915	0,9990
Alto Garças	-2,6876	1,4305	0,9992
Aporé	-4,2315	1,1183	0,9998
Aruanã	4,4566	0,8799	0,9821
Caiapônia	-1,0960	1,1542	0,9979
Campo Alegre	-6,2488	1,3710	0,9952
Catalão	-1,0845	1,1878	0,9995
Ceres	0,2434	1,1864	0,9951
Goiânia	-1,6070	1,4091	0,9965
Israelândia	-0,5991	0,9835	0,9997
Morrinhos	2,0376	1,1399	0,9907
Niquelândia	-0,9012	1,3385	0,9968

CONCLUSÕES

A metodologia empregada neste estudo permitiu gerar a relação intensidade-duração-frequência, com base em dados pluviométricos, e se mostrou adequada com valores de erro relativo médio menores que 14,4%, o que permite sua utilização em localidades em que não há disponibilidade de registros pluviográficos. Os valores de intensidade máxima média de precipitação obtidos pelas equações geradas neste trabalho para um período de retorno de dez anos apresentaram uma relação linear com os registros pluviográficos.

REFERÊNCIAS

- Costa, A. R. & V. F. Brito. 1999. Equações de chuva intensa para Goiás e sul de Tocantins. In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. [CD-Rom]. Anais.
- Costa, A. R. & A. A. Rodrigues. 1999. Método das isozonas: desvios entre resultados. In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, [CD-Rom]. Anais.
- DAEE-Cetesb. 1980. Drenagem urbana: manual de projeto. DAEE/Cetesb, São Paulo, SP. 466p.
- Fendrich, R. 1998. Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná. Curitiba, Champagnat. Curitiba, Paraná. 99p.
- Leopoldo, P. R., C. A. Sansigolo & D. Martins. 1984. Análise estatística das intensidades e precipitações máximas de Botucatu-SP. Item, 16 : 11-1.
- Martinez Júnior, F. 1999. Análise das precipitações intensas no Estado de São Paulo. In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, [CD-Rom]. Anais.
- Oliveira, L. F. C. & F. F. Pruski. 1996. Modelos para estimar as perdas de solo e água e transporte de solutos. Viçosa, MG. 70p.

- Pfafstetter, O. 1957. Chuvas intensas no Brasil. Departamento Nacional de Obras de Saneamento, Rio de Janeiro, RJ. 246p.
- Pinto, F. A., A. P. Ferreira, F. F. Pruski, A. R. Alves & P. R. Cecon. 1999. Equações de chuvas intensas para algumas localidades do Estado de Minas Gerais. *Engenharia Agrícola*. 16 (1) : 91-104.
- Pruski, F. F. 1993. Desenvolvimento de metodologia para dimensionamento de canais de terraços. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 97.
- Silva, D. D., A. E. L. Valverde, F. F. Pruski & R. A. B. Gonçalves. 1990a. Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-freqüência da precipitação para o Estado de São Paulo. *Engenharia na Agricultura*, 7 (2) : 70-87.
- Silva, D. D., F. R. L. Pinto, F. F. Pruski & F. A. Pinto. 1999b. Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-freqüência da precipitação para o Rio de Janeiro e o Espírito Santo. *Engenharia Agrícola*, 18 (3): 22-33.
- Torrice, J. J. T. 1975. Práticas hidrológicas. Transcom, Rio de Janeiro, RJ. 120p.
- Villela S. M. & A. Mattos. 1975. Hidrologia aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, SP. 245p.