



Ajuste de Equação IDF por Desagregação de Chuvas Diárias para o Município de Iraí, RS Adjustment of IDF Equation by Disaggregation of Daily Rainfall for Iraí County, RS

Nathana Karina Swarowski Arboit¹; Malva Andrea Mancuso² & Mariele Fioreze³

¹Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia e Tecnologia Ambiental, Linha 7 de Setembro, s/n, BR-386, km 40, 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

³Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

E-mails: nathanaksa@yahoo.com.br; malvamancuso@ufsm.br; mariele.fioreze@gmail.com

Recebido em: 04/10/2017 Aprovado em: 03/11/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_3_248_253

Resumo

Chuvas intensas são fenômenos meteorológicos responsáveis pelo escoamento de elevados volumes de água, em curto intervalo de tempo. Nesse cenário, as equações IDF são de interesse para a elaboração de projetos que necessitam definir a chuva de projeto, como os de obras hidráulicas e sistemas de drenagem. Esse trabalho apresenta a relação Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas para o município de Iraí, Rio Grande do Sul, por meio do emprego de coeficientes de desagregação de chuvas diárias. Foi utilizada a distribuição probabilística de Gumbel, considerando as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1.440 minutos e os tempos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos. Os parâmetros ajustados por meio do Método dos Mínimos Quadrados foram: $K = 1086,604$; $a = 0,184$; $b = 9,886$, e; $c = 0,728$. O coeficiente de determinação (R^2), calculado pela relação entre os dados observados e estimados, foi de 0,9971, refletindo a qualidade do ajuste. Não foram verificadas diferenças estatísticas significativas, por meio do teste *t-pareado*, entre os dados observados e estimados, o que indica a validade da aplicação da equação IDF obtida.

Palavras-chave: Precipitações máximas; Curvas IDF; Distribuição de Gumbel

Abstract

Heavy rains are meteorological phenomena responsible for the increase in surface runoff discharge over a short period. In this scenario, IDF equations are of interest for the elaboration of projects that need to define the project rainfall, such as hydraulic works and drainage systems. This work presents the Intensity-Duration-Frequency relationship of intense rains for Iraí county, Rio Grande do Sul, based on coefficients resulting from daily rains disaggregation. The probabilistic distribution of Gumbel was applied for a time period of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 and 1,440 minutes and for a return period of 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 and 100 years. A linear regression analysis between observed and estimated data was applied based on the Ordinary Least Squares method. The results were: $K = 1086.604$, $a = 0.184$, $b = 9.886$, $c = 0.728$ and a square roots coefficient (R^2) of 0.9971. No statistically significant difference between observed and estimated data resulted from the *t-paired* test indicating the validity of the IDF equation.

Keywords: Maximum rainfall; IDF curves; Gumbel distribution

1 Introdução

As precipitações pluviométricas constituem a principal forma de entrada de água em uma bacia hidrográfica. A quantificação e o conhecimento de como estas se distribuem temporal e espacialmente são importantes para o desenvolvimento de estudos relacionados à disponibilidade hídrica, controle de inundações, sedimentometria, erosão do solo, dimensionamento de estruturas hidráulicas, entre outros (Beijo *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2008).

Eventos pluviométricos extremos, ou chuvas intensas, são precipitações que geram elevados volumes de água, escoados em curto intervalo de tempo, desencadeando, muitas vezes, enchentes. Dessa forma, a espacialização temporal das chuvas intensas é de interesse na elaboração de projetos de obras hidráulicas, além de fundamental para o planejamento de práticas de conservação do solo e da água (Oliveira *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2011).

Uma das formas de caracterizar e estimar as chuvas intensas é estabelecendo relação entre as variáveis intensidade (I), duração (D) e frequência (F). Essa relação, originalmente introduzida por Bernard (1932), consiste em um modelo matemático semi-empírico que possibilita a previsão da intensidade precipitada a partir da distribuição temporal dos dados. Eltz *et al.* (1992) destacam a importância do emprego dessa relação no estudo do comportamento das chuvas, uma vez que, devido à variabilidade temporal e espacial das mesmas, não é possível realizar previsões com bases unicamente determinísticas.

No Rio Grande do Sul (RS), estudos visando a obtenção de relações IDF foram realizados em cidades como em Pelotas (Goulart *et al.*, 1992; Damé *et al.*, 2008), Porto Alegre (Bemfica *et al.*, 2000), Santa Maria (Eltz *et al.*, 1992), Iraí (Denardin *et al.*, 1980) e, mais recentemente, na região hidrográfica do Guaíba (Sampaio *et al.*, 2011). Porém, ainda há lacunas quando se faz necessário o emprego dessas relações para estimar eventos extremos quando do dimensionamento de obras hidráulicas, visto a inexistência de estudos em algumas regiões, além da constante necessidade de revisão e atualização das equações já existentes. Em estudo recente, Vargas *et al.* (2015) constataram a necessidade do uso de séries de precipitações atuais para a elaboração e revisão de relações IDF, de modo a disponibilizar

informações mais realísticas para a tomada de decisões em recursos hídricos.

Para a obtenção da relação IDF, são necessários dados pluviográficos locais resultantes de um longo período de observações. No entanto, o registro das características das chuvas extremas é bastante escasso no território brasileiro e, mesmo em regiões que apresentam satisfatória densidade de postos pluviométricos, os dados disponíveis são inadequados para utilização imediata, pois apresentam apenas a intensidade da precipitação para intervalos de tempo superiores ou iguais a um dia (Cardoso *et al.*, 1998).

A fim de contornar as dificuldades provenientes da escassez de dados, foram desenvolvidas metodologias que permitem estimar chuvas com duração inferior a um dia a partir dos dados pluviométricos existentes. Um dos métodos é o de desagregação de chuvas diárias proposto pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1979). A metodologia consiste no emprego de coeficientes para transformar a precipitação pluviométrica diária, medida em pluviômetros, em chuvas de menor duração. Vários estudos demonstraram resultados satisfatórios com a aplicação desse método (Garcia *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2012; Aragão *et al.*, 2013; Lorenzoni *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2014; Teodoro *et al.*, 2014; Campos *et al.*, 2015; Vargas *et al.*, 2015).

Robaina (1996) fez uso do método de desagregação de chuvas diárias proposto pela CETESB (1979) para 32 localidades do RS, recomendando o seu uso quando da não disponibilidade de registros pluviográficos. Damé *et al.* (2008), em estudo comparativo entre diferentes metodologias para a estimativa das relações IDF, concluíram que os coeficientes de desagregação de chuvas propostos pela CETESB (1979) foram os que melhor representaram as intensidades máximas de precipitação ocorridas em Pelotas (RS). Vargas *et al.* (2015), em estudo visando identificar a influência de diferentes conjuntos de constantes de desagregação de chuvas diárias, verificaram que os coeficientes propostos pela CETESB (1979) foram os que forneceram o ajuste mais satisfatório para 15 localidades do RS.

O município de Iraí, localizado à margem esquerda do rio Uruguai, noroeste do RS, está

inserido em uma região com pouca disponibilidade de informações relativas às equações de chuvas intensas. O estudo disponível, desenvolvido a mais de 35 anos por Denardin *et al.* (1980), teve como base 16,5 anos de dados pluviométricos obtidos junto a Estação Meteorológica Convencional de Iraí. Devido a isso, os projetos de drenagem urbana acabam por utilizar informações pluviométricas incompletas ou não correspondentes à atual realidade local, o que suscita dúvidas quanto à confiabilidade dos mesmos.

Tendo em vista a importância do conhecimento e atualização das relações Intensidade-Duração-Frequência de eventos pluviométricos extremos, este estudo teve por objetivo ajustar os parâmetros (K , a , b e c) da equação IDF, por meio do método de desagregação de chuvas diárias, tendo por base dados atuais de chuvas intensas para o município de Iraí, RS.

2 Material e Métodos

A equação IDF foi determinada a partir da série histórica de dados pluviométricos da Estação Meteorológica Convencional de Iraí, RS (Código OMM 83881, latitude $-27,18^\circ$ S, longitude $-53,23^\circ$ O e altitude de 247 m), adquirida junto ao acervo digital do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Desconsiderando-se os períodos em que houve ausência de dados, obteve-se uma série histórica de 21 anos de dados pluviométricos (de 1991 a 2012), a partir da qual foi elaborada a série de precipitações diárias máximas anuais, selecionando-se as alturas pluviométricas máximas de um dia de duração em cada ano da série. A série de precipitações diárias máximas anuais foi ajustada ao modelo de distribuição de Gumbel (Equação 1) para posterior cálculo do tempo de retorno (Equação 2).

$$y = \left(\frac{s_n}{s_x}\right) \left[x_i - \left(x_n - s_x \frac{y_n}{s_n} \right) \right] \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

y : variável reduzida de Gumbel;
 s_x : desvio padrão amostral;
 x_i : valor de um elemento da amostra;
 x_n : média amostral;
 s_n : desvio padrão da variável reduzida (y), tabelado conforme o número de dados da amostra;
 y_n : média da variável reduzida (y), tabelada conforme o número de dados da amostra.

$$T_r = \frac{1}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

T_r : tempo de retorno (anos);
 y : variável reduzida de Gumbel.

A desagregação das chuvas diárias em alturas pluviométricas de menor duração foi efetuada a partir da aplicação do método proposto pela CETESB (1979), conforme os coeficientes de desagregação apresentados na Tabela 1. Foram obtidas as chuvas com durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600, 720 e 1.440 minutos, gerando dados suficientes para a definição das curvas IDF, considerando os tempos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

Duração	Coefficiente de Desagregação	Duração	Coefficiente de Desagregação
24 h / 1 d	1,14	1 h / 24 h	0,42
12 h / 24 h	0,85	30 min / 1 h	0,74
10 h / 24 h	0,82	25 min / 30 min	0,91
8 h / 24 h	0,78	20 min / 30 min	0,81
6 h / 24 h	0,72	15 min / 30 min	0,70
4 h / 24 h	0,63	10 min / 30 min	0,54
2 h / 24 h	0,52	5 min / 30 min	0,34

Tabela 1 Coeficientes de desagregação de chuvas diárias, segundo a CETESB (1979).

Os parâmetros empíricos de ajuste (K , a , b e c) da equação IDF (Equação 3) foram estimados por meio de regressão linear utilizando-se o Método dos Mínimos Quadrados, aplicando a simulação estatística de Monte Carlo (van Slyke, 1963) com auxílio do *software SigmaPlot*, versão 12.5.

$$i_m = \frac{K \cdot T_r^a}{(t + b)^c} \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

i_m : intensidade da precipitação (mm h^{-1});
 t : duração do evento chuvoso (min);
 T_r : tempo de retorno (anos);
 K , a , b e c : parâmetros empíricos de ajuste.

Para validação e verificação da consistência da equação IDF, foi avaliada a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) de ajuste do resultado da função aos dados, o qual determina a proporção de variância nos valores experimentados que podem ser atribuídos aos observados. O teste de hipóteses

t-pareado, considerando o nível de significância (α) de 0,05, foi aplicado para verificar se os dados medidos tem correspondência, do ponto de vista estatístico, com os dados estimados pela função derivada da distribuição probabilística de Gumbel.

3 Resultados e Discussão

As maiores precipitações pluviométricas máximas diárias foram observadas nos anos de 2000 (200 mm), 1998 (165 mm) e 2008 (151 mm), enquanto que os menores valores foram observados nos anos de 2009 (81 mm), 1995 (77 mm) e 2002 (72 mm) (Tabela 2). A série apresentou média (x_n) e desvio padrão (s_x) de $111,7 \pm 32,8$ mm, respectivamente.

Ano	Precipitação (mm)	Ano	Precipitação (mm)
1991	91,0	2002	72,0
1992	115,2	2003	95,2
1993	84,2	2004	92,2
1994	109,2	2005	96,2
1995	76,9	2006	102,3
1996	99,0	2007	101,4
1997	89,0	2008	151,4
1998	165,0	2009	80,6
1999	144,0	2010	141,4
2000	200,0	2011	150,6
2001	102,0	2012	99,6

Tabela 2 Série de precipitações pluviométricas máximas diárias utilizada para o ajuste da Equação IDF.

A Equação 4 apresenta o resultado obtido por meio da aplicação do Método dos Mínimos Quadrados para obtenção dos parâmetros empíricos de ajuste (K , a , b e c), resultando na Equação IDF para o município de Iraí. As Figuras 1 e 2 apresentam as curvas IDF, considerando as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1.440 minutos e os tempos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

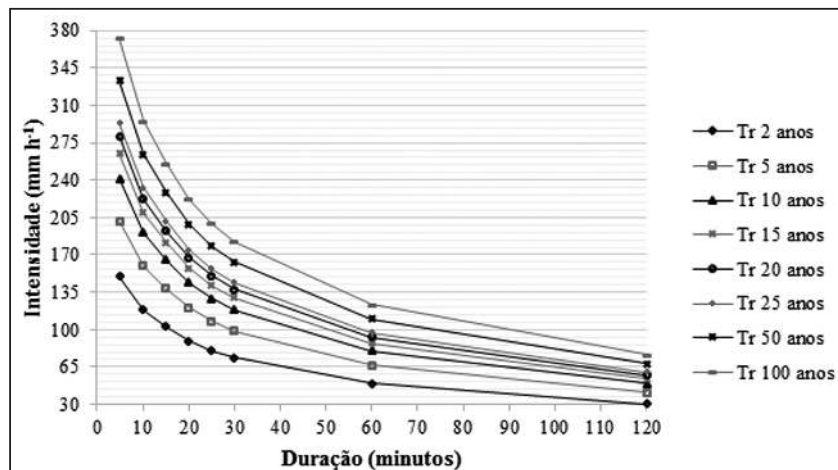


Figura 1 Curvas IDF para o município de Iraí, RS, considerando as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60 e 120 minutos e os tempos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

Os resultados obtidos a partir da aplicação da Equação 4 indicam um comportamento típico das relações IDF, sendo a intensidade (i) indiretamente proporcional à duração (t) do evento e diretamente proporcional ao tempo de retorno (T_r). Essa relação evidencia a importância da escolha do T_r para o dimensionamento de obras hidráulicas. Segundo Beijo *et al.* (2005), os projetos hidráulicos são

$$i_m = \frac{1086,604 \cdot T_r^{0,184}}{(t + 9,886)^{0,728}} \quad (\text{Equação 4})$$

geralmente concebidos considerando o custo mínimo, sendo a eles associado um risco admissível de falha, o que requer a previsão de grandezas hidrológicas de grande magnitude com um intervalo temporal de recorrência (T_r) elevado, o que pode ser estimado por meio da aplicação de relações IDF.

O coeficiente de determinação (R^2), obtido pela relação entre as intensidades de precipitação observadas e estimadas pela Equação 4, foi de 0,9971, indicando que a variável dependente (intensidade estimada) é explicada em mais de 99,7% pela variável independente (intensidade observada), o que reflete a qualidade do ajuste (Figura 3). A raiz quadrada do coeficiente R^2 (coeficiente de correlação, R), calculado em 0,9985, demonstra dependência linear quase perfeita entre as duas variáveis.

Em relação ao teste de hipótese *t-pareado*, foi possível verificar que não existem evidências estatísticas significativas que comprovem que os dados estimados pela Equação 4 difiram dos dados observados. A extrapolação dos dados para os tempos de retorno de 25, 50 e 100 anos não causou distorções capazes de comprometer as estimativas da intensidade da precipitação.

Figura 2 Curvas IDF para o município de Iraí, RS, considerando as durações de 120, 240, 360, 480, 600, 720 e 1.440 minutos e os tempos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

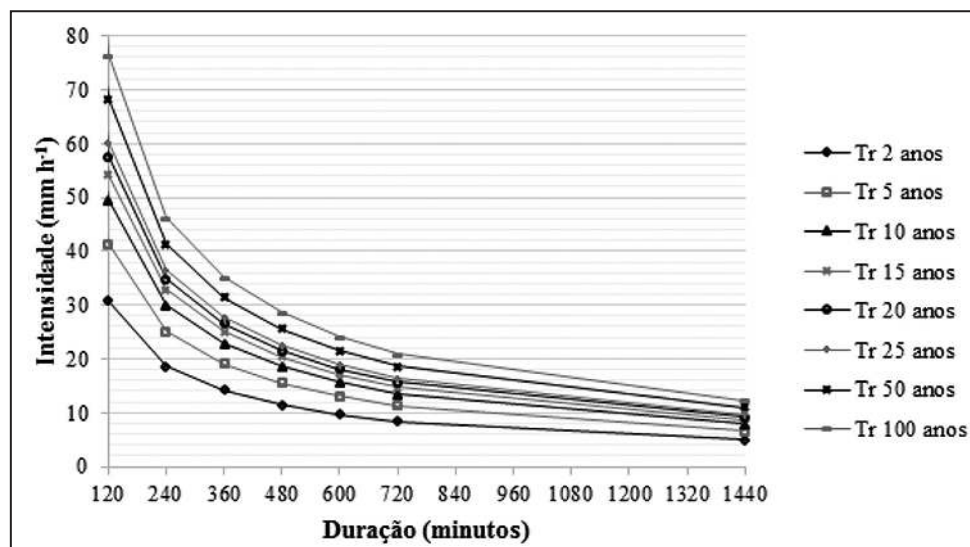
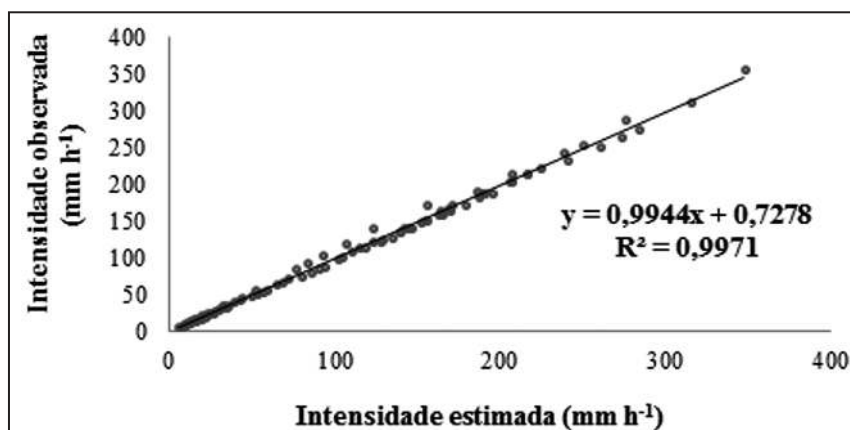


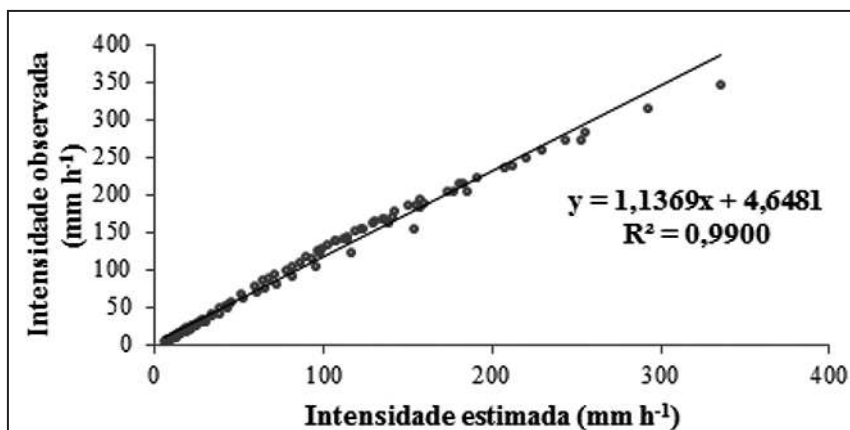
Figura 3 Intensidades de chuva observadas versus intensidades de chuva estimadas pela equação IDF para o município de Iraí, RS.



A Figura 4 ilustra a relação entre as intensidades de chuva observadas e as intensidades de chuva estimadas por meio da equação IDF desenvolvida para o município de Iraí por Denardin *et al.* (1980), considerando as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1.440

minutos e os tempos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos. A relação intensidades de chuva observadas versus intensidades de chuva estimadas foi elaborada com base em dados coletados anteriormente a 1980, durante um período de 16,5 anos. O coeficiente R^2 obtido pela relação entre as variáveis foi de 0,9900.

Figura 4 Intensidades de chuva observadas versus intensidades de chuva estimadas pela equação IDF proposta por Denardin *et al.* (1980) para o município de Iraí, RS.



Observa-se, entretanto, que para todas as durações e tempos de retorno considerados, as intensidades pluviométricas estimadas pela equação de Denardin *et al.* (1980) são inferiores às obtidas pela Equação 4, indicando que as estimativas resultantes da equação mais antiga são menos conservadoras. Essa diferença pode se dar devido à ocorrência de maiores eventos de precipitações diárias extremas nos últimos anos. De fato, dados históricos demonstram que, no período de 1960 a 1979 (intervalo de 19 anos), a maior precipitação pluviométrica diária foi de 136 mm (em 1965), sendo esta menor do que as máximas registradas nos anos de 1998 (165 mm), 1999 (144 mm), 2000 (200 mm), 2008 (151,4 mm), 2010 (141,4 mm) e 2011 (150,6 mm). O menor coeficiente R^2 resultante da relação entre as intensidades de precipitação observadas e estimadas pela equação proposta por Denardin *et al.* (1980) também indica a menor magnitude de precisão desta quando aplicados dados atuais de chuvas intensas desagregadas, o que reflete na importância da revisão da equação realizada neste estudo.

4 Conclusões

O modelo de distribuição de Gumbel e a utilização dos coeficientes de desagregação propostos pela CETESB (1979) apresentaram resultados satisfatórios para a análise de frequências e para a estimativa de chuvas com duração inferior a um dia.

O método de desagregação permitiu gerar dados, para o ajuste da equação IDF, considerando as durações de 5 a 1.440 minutos e os tempos de retorno de 2 a 100 anos.

A equação IDF obtida resultou em estimativas com coeficiente R^2 de 0,9971 em relação aos dados estimados e não apresenta diferença estatística significativa (considerando nível de significância de 0,05) dos dados observados no período de 21 anos.

5 Referências

- Aragão, R.; Santana, G.R.; Costa, C.E.F.F.; Cruz, M.A.S.; Figueiredo, 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(3): 243-252.
- Beijo, L.A.; Muniz, J.A. & Castro Neto, P. 2005. Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos tipo I. *Ciência Agrotécnica*, 29(3): 657-667.
- Bemfica, D.C.; Goldenfum, J.A. & Silveira, A.L.L. 2000. Análise da aplicabilidade de padrões da chuva de projeto a Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5(4): 5-16.
- Bernard, M.M. 1932. Formulas for rainfall intensities of long durations. *Trans ASCE*, 96: 592-624.
- Campos, A.R.; Santos, G.G.; Anjos, J.C.R.; Zamboni, D.C.S. & Moraes, J.M.F. 2015. Equações de intensidade de chuvas para o estado do Maranhão. *Engenharia na Agricultura*, 23(5): 435-447.
- Campos, A.R.; Santos, G.G.; Silva, J.B.L.; Filho, J.I. & Loura, D.S. 2014. Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí. *Revista Ciência Agronômica*, 45(3): 488-498.
- Cardoso, C.O.; Ullmann, M.N. & Bertol, I. 1998. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e Campos Novos (SC). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22(1): 131-140.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1979. *Drenagem Urbana*: São Paulo, Manual de Projetos, 468p.
- Damé, R.C.F.; Teixeira, C.F.A. & Terra, V.S.S. 2008. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas-RS. *Engenharia Agrícola*, 28(2): 245-255.
- Denardin, J.E.; Freitas, P.L.; Wünsche, W.A. & Wendt, W. 1980. Características Fundamentais da Chuva no Brasil. I. Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 15(4): 419-421.
- Eltz, F.L.; Reichert, J.M. & Cassol, E.A. 1992. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 16: 265-269.
- Garcia, S.S.; Amorim, R.S.S.; Couto, E.G. & Stopa, W.H. 2011. Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do Estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(6): 575-581.
- Goulart, J.P.; Maestrini, A.P. & Nebel, A.L. 1992. Relação Intensidade-Duração-Frequência das Chuvas em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 7(1): 543-552.
- Lorenzoni, M.Z.; Prado, G.; Rezende, R.; Maller, A. & Oliveira, J.M. 2013. Chuvas intensas para a microrregião de Cianorte/PR, Brasil: uma avaliação a partir da desagregação de chuvas diárias. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17): 656-669.
- Oliveira, L.F.C.; Antonini, J.C.A.; Fioreze, A.P. & Silva, M.A.S. 2008. Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(6): 620-625.
- Robaina, A.D. 1996. Modelo para geração de chuvas intensas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 4(2): 95-98.
- Sampaio, M.V.; Robaina, A.D.; Peiter, M.X. & Pinto, L. 2011. Equações de chuvas intensas na região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 5(3): 1-8.
- Silva, B.M.; Montenegro, S.M.G.L.; Silva, F.B. & Araújo Filho, P.F. 2012. Chuvas Intensas em Localidades do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17(3): 135-147.
- Souza, R.O.R.; Scaramussa, P.H.M.; Amaral, M.A.C.M.; Neto, J.A.P.; Pantoja, A.V. & Sadeck, L.W.R. 2012. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(9): 999-1005.
- Souza, V.A.S.; Nascimento, R.K.; Furtado, R.S. & Rosa, A.L.D. 2011. Análise de eventos pluviométricos extremos no município de Ji-Paraná, Rondônia. *Revista Pesquisa & Criação*, 10(2): 139-151.
- Teodoro, P.E.; Neivock, M.P.; Marques, J.R.F.; Flores, A.M.F. & Rodrigues, C.C.B. 2014. Influência de diferentes coeficientes de desagregação na determinação de equações IDF para Aquidauana/MS. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 9(2): 1-9.
- Van Slyke, R. 1963. *Uses of Monte Carlo in PERT*. Santa Monica, Rand Corp 23p.
- Vargas, M.M.; Beskow, S.; Caldeira, T.L.; Mello, C.R.; Faria, L.C.; Guedes, H.A.S.; Cunha, Z.A.; Minks, D.N.; Kerstner, L.; Morteo, D.S.R., Rosa, E.M.; Luz, E.P. 2015. Análise de constantes de desagregação de chuva diária no estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11, 2015, Brasília, *Trabalhos completos*, ABRH, p. 1-8.