

ANÁLISE DO IMPACTO DE UM EVENTO DE PRECIPITAÇÃO OCORRIDO NA CIDADE DE PELOTAS/RS

RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ¹; CLAUDIA FERNANDA ALMEIDA TEIXEIRA²; CARLOS
MOURA³, RUBINEI MACHADO³; SAMUEL BESKOW⁴

RESUMO - Em projetos de obras hidráulicas é necessário conhecer a vazão associada a um determinado período de retorno. Nem sempre existem registros históricos de vazão. Sendo assim existem ferramentas como a curva Intensidade-Duração-Frequência de ocorrência das precipitações que servem de entrada em modelos de transformação chuva-vazão. No entanto, muitas vezes tais curvas são estabelecidas com limites de duração e períodos de retorno inadequados à obra hidráulica a ser projetada. Em Pelotas-RS ocorreu na data de 07/05/2004 uma precipitação de 216,5 mm e como conseqüência desta, a cidade entrou em estado de calamidade pública, com rompimento de um trecho do canal Santa Bárbara provocando alagamentos em muitas áreas. Sendo assim o presente trabalho apresenta como objetivos: (i) comparar as alturas de lâminas precipitadas obtidas a partir da curva IDF de Pelotas-RS, com os mesmos valores obtidos da normal climatológica e com o evento ocorrido na referida data; (ii) analisar quantitativamente as conseqüências decorrentes do uso da curva IDF da cidade de Pelotas-RS como ferramenta de projeto. Para tanto procedeu-se a leitura do pluviograma e cálculos das alturas e intensidades máximas de precipitação para as durações de 5, 10, 15, 30, 45, 60, 360, 720 e 1440 minutos, comparando-os com os valores da curva IDF existente e também, para a chuva de 24 horas, com o valor da normal climatológica obtida da Estação Agroclimatológica de Pelotas-RS. Pode-se concluir que: (i) o evento extremo analisado, cujo valor de precipitação para as durações de 30, 45, 60, 360, 720 e 1440 minutos, teve um acréscimo de 104,2, 138,5, 135,5, 196,6, 192,8 e 260,6 % em relação aos valores esperados, tanto pela curva IDF como pelo valor normal na duração de 1440 minutos; (ii) é necessário conhecer os limites para os quais a curva IDF foi estimada.

Termos para indexação: Intensidade de chuva, IDF, enchente.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF A PRECIPITATION EVENT UPON PELOTAS/RS CITY

ABSTRACT - In projects of hydraulic production it is indispensable know the flow that is associated with some period of return, but not always there is registers of the flow. Due to this fact, there are utensils like the Intensity-Duration-frequency curve of precipitation's incidents, that are used as entrance for the transformation of the rain flow patterns. However, in many times, these curves are set up with limits of duration and return periods inadequate to the hydraulic production that will be projected. On 07th of May, in 2004, happened in

¹ Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Depto de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UFPel, Pelotas, RS, (0XX53)275-7315, e-mail: ritah2o@bol.com.br.

² Eng. Agrícola, Depto Arquitetura Rural e Urbana, DARU/UNEMAT, Barra do Bugres, MT.

³ Acadêmico do Curso de Meteorologia, UFPel, Pelotas, RS.

⁴ Acadêmico do Curso de Engenharia Agrícola, UFPel, Pelotas, RS.

Pelotas-RS a precipitation of 216,5 mm, which caused the rupture of one of the parts of the Santa Barbara's canal, which let the city in a state of public calamity, since this precipitation provoke over flow in many parts of the city. So this work has two objectives: (i) compare the height of the precipitated blades which were get since the IDF curve of Pelotas-RS, with the same titles that are get from the normal climatologic and the event that happened on 07/05/2004. (ii) Analyze quantitatively the consequences make by the IDF curve of Pelotas-RS as a utensil of the project. In order to take place this work was done the pluviogram reading and the calculation of the maximums height and intensity of precipitation for the duration of 5, 10, 15, 30, 45, 60, 360, 720 and 1440 minutes, comparing them with the titles of the climatologic normal get on the Agroclimatologic Station of Pelotas-RS. In short, we can conclude that: (i) The extreme event that was analyzed, of which the title of precipitation for the duration of 30, 45, 60, 360, 720 and 1440 minutes had an increase of 104,2, 138,5, 135,5, 196,6, 192,8 and 260,6 % in relation to the title that were expected, even for the IDF curve as well as the normal title in a duration of 1440 minutes; (ii) It is necessary to know the limits for what the IDF curve was calculated.

Index terms: storm, IDF, flood.

INTRODUÇÃO

Um dado básico para o projeto de uma obra hidráulica, como por exemplo, obras de prevenção contra enchentes é a estimativa da vazão com determinada frequência de ocorrência, denominada vazão de projeto. Sempre que possível essa estimativa deve ser obtida a partir da série histórica de vazão referente ao local da obra. Todavia, tal informação geralmente não é facilmente disponibilizada, devido ao seu alto custo de obtenção (Damé, 2001).

Nesse caso, a vazão de projeto é estimada com base no conhecimento das curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), que é uma das ferramentas mais utilizadas na prática de engenharia de recursos hídricos (Goulart et al., 1992; Koutsoyiannis et al., 1998). O estabelecimento de tais relações é anterior a 1932 (Bernard, 1932, citado por Koutsoyiannis et al., 1998), e desde a década de 1960 a sua distribuição geográfica vem sendo estudada em vários países desenvolvidos, onde são apresentados mapas que fornecem as intensidades e alturas de precipitação (Koutsoyiannis et al., 1998).

Em países subdesenvolvidos, onde poucas obras hidráulicas são construídas, a rede de dados climatológicos existentes é esparsa. A consequência disso reflete-se na qualidade dos projetos, ocasionando obras super ou subdimensionadas, o que representa em última análise, um desperdício econômico para a nação, ou, o que é pior, perda de vidas humanas, caso as obras venham a falhar (Tucci et al., 1995).

Para a determinação das curvas IDF, utilizam-se dados obtidos de pluviogramas e o desenvolvimento envolve os seguintes passos: a) Interpretação do pluviograma de cada chuva e cálculo da intensidade máxima de precipitação para cada duração; b) Formação das séries de

intensidades máximas de chuva e análise de freqüência de cada uma dessas séries; c) Construção de uma tabela ou de um gráfico, fornecendo a estimativa da intensidade máxima de chuva, em função de cada duração anteriormente definida e de períodos de retorno arbitrariamente estabelecidos; d) Obtenção da equação que represente analiticamente a relação IDF, caso se pretenda uma análise mais refinada (Bertoni e Tucci, 2001).

Quanto à formação das séries, essas poderão ser anuais ou parciais. Segundo Bell (1969), uma série anual é constituída por um conjunto de valores no qual está presente a intensidade máxima de cada ano, e para cada duração estudada. E série parcial é aquela composta por valores que estejam acima de um valor base preestabelecido. Uma vez formadas as séries, sejam anuais ou parciais, é ajustada uma distribuição de extremos. A partir daí obtém-se as curvas IDF seguindo os itens (c) e (d) descritos no parágrafo anterior.

Devido à necessidade de se conhecerem as curvas IDF, muitos autores vêm-se ocupando com esse tema, os quais são encontrados em trabalhos como os de Pfaster (1957) e Goulart et al. (1992).

A ocorrência de um evento com elevada precipitação, bem como os fatos dele decorrentes, levam a questionar: (a) as ferramentas que se têm disponíveis para a determinação de projetos de obras hidráulicas, sendo uma dessas a curva IDF; (b) o período de retorno para o qual as obras são dimensionadas.

Sendo assim o presente trabalho possui como objetivos:

- (i) comparar as alturas de lâminas precipitadas obtidas a partir da curva IDF de Pelotas-RS, com os mesmos valores obtidos da normal climatológica e com o evento ocorrido em um período específico;
- (ii) analisar quantitativamente as conseqüências decorrentes do uso da curva IDF da cidade de Pelotas-RS como ferramenta de projeto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente trabalho foram obtidos: a) Estação Agroclimatológica de Pelotas, Rio Grande do Sul, cujas coordenadas geográficas são 31°46' de latitude sul, 52°20' de longitude oeste e a 7 m de altitude; b) Curva intensidade-duração-freqüência de Pelotas-RS (Goulart et al., 1992).

Da Estação Agroclimatológica foram obtidos o pluviograma do evento extremo ocorrido no dia 07 de maio de 2004, bem como o valor da normal da altura de chuva na duração de 24 horas, estimada usando os dados do período compreendido entre 1971 a 2000. Do artigo,

Relação Intensidade-Duração-Freqüência das Chuvas em Pelotas, RS (Goulart et al., 1992), obteve-se a relação intensidade-duração-freqüência apresentada na equação 1:

$$I = \frac{1253,0975 - 64,7169 \ln(\text{Tr})}{(t + 5)^{0,8277 \cdot \text{Tr}^{-0,018}}} \quad (1)$$

onde: I = intensidade de ocorrência da precipitação (mm h⁻¹);
Tr = período de retorno (anos);
t = tempo de duração (minutos).

Para atender os objetivos propostos neste trabalho foi realizada a leitura do pluviograma (Figura 1) do evento ocorrido no dia 07/05/2004 supracitado (Tabela 1) e a partir desta, calcularam-se as alturas e intensidades máximas de precipitação para as durações de 5, 10, 15, 30, 45, 60, 360, 720 e 1440 minutos (Tabela 2).

Estes valores foram comparados, usando a equação 2 do Erro Relativo Médio Quadrático (RMS) com àqueles obtidos da curva IDF de Pelotas/RS (equação 1). Damé (2001) ao comparar valores de intensidades máximas obtidos por modelagem com os valores históricos também utilizou esta medida estatística para análise dos resultados obtidos.

Uma consideração relevante a ser feita neste momento, são os limites de adequação da curva intensidade-duração-freqüência desta localidade, que refere-se em termos de duração e período de retorno. Quanto à duração, Goulart et al. (1992) recomendam que a equação é adequada entre as durações de 30 minutos (limite inferior) a 24 horas (limite superior) e quanto ao período de retorno, entre 2 anos (limite inferior) e 100 anos (limite superior).

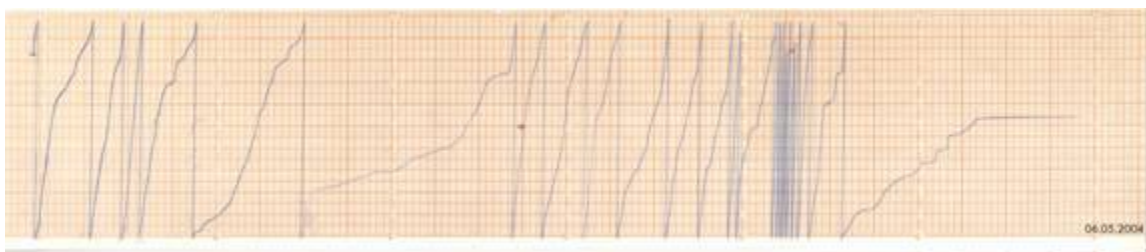


FIGURA 1. Pluviograma do evento ocorrido no dia 07/05/2004, na cidade de Pelotas-RS.

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{I_s - I_h}{I_h} \right)^2}{n}} \quad (2)$$

- onde: RMS = Erro Relativo Médio Quadrático;
 I_s = valores de intensidades máximas obtidos a partir da equação proposta por Goulart et al. (1992), ocorridos na duração "d" e período de retorno "Tr";
 I_h = valores de intensidades máximas obtidos da leitura do pluviograma do evento extremo que está sendo analisado, ocorridos na duração "d" e período de retorno "Tr";
n = número de durações analisadas.

TABELA 1. Leitura do Pluviograma do dia 07/05/2004 na cidade de Pelotas-RS

Hora	Tempo (min) intervalo	Tempo (min) acumulado	Chuva (mm) intervalo	Chuva (mm) acumulado	Intensidade de chuva (mm h ⁻¹)
08:50	-	-	-	-	-
09:00	10	10	3,7	3,7	22,2
09:20	20	30	4,0	7,7	12,0
09:45	25	55	1,4	9,1	3,4
09:50	5	60	0,6	9,7	7,2
10:05	15	75	0,8	10,5	3,2
10:35	30	105	6,7	17,2	13,4
10:50	15	120	2,0	19,2	8,0
11:20	30	150	13,0	32,2	26,0
11:50	30	180	5,2	37,4	10,4
12:05	15	195	0,2	37,6	0,8
12:10	5	200	1,0	38,6	12,0
12:20	10	210	0,5	39,1	3,0
12:35	15	225	1,7	40,8	6,8
12:40	5	230	0,1	40,9	1,2
12:45	5	235	0,4	41,3	4,8
13:00	15	250	0,4	41,7	1,6
13:20	20	270	0,5	42,2	1,5
13:40	20	290	1,4	43,6	4,2
14:05	25	315	2,3	45,9	5,5
14:20	15	330	1,7	47,6	6,8
14:35	15	345	0,3	47,9	1,2
14:40	5	350	0,6	48,5	7,2
14:55	15	365	3,0	51,5	12,0
15:10	15	380	3,0	54,5	12,0
15:45	35	415	0,2	54,7	0,3
16:35	50	465	0,8	55,5	1,0

Continuação da TABELA 1.

Hora	Tempo (min) intervalo	Tempo (min) acumulado	Chuva (mm) intervalo	Chuva (mm) acumulado	Intensidade de chuva (mm h ⁻¹)
17:00	25	490	0	55,5	0
17:25	25	515	0,5	56,0	1,2
17:50	25	540	0,3	56,3	0,7
18:10	20	560	0,2	56,5	0,6
18:20	10	570	0	56,5	0
18:35	15	585	0,4	56,9	1,6
18:45	10	595	0,7	57,6	4,2
19:00	15	610	0,9	58,5	3,6
19:10	10	620	1,0	59,5	6,0
19:40	30	650	0,4	59,9	0,8
20:20	40	690	10,5	70,4	15,8
20:30	10	700	3,0	73,4	18,0
20:50	20	720	2,5	75,9	7,5
21:10	20	740	4,0	79,9	12,0
21:40	30	770	7,2	87,1	14,4
21:50	10	780	1,0	88,1	6,0
22:00	10	790	2,0	90,1	12,0
22:20	20	810	4,0	94,1	12,0
22:40	20	830	1,0	95,1	3,0
22:50	10	840	1,0	96,1	6,0
23:00	10	850	1,5	97,6	9,0
23:10	10	860	1,0	98,6	6,0
23:20	10	870	4,5	103,1	27,0
23:30	10	880	2,0	105,1	12,0
23:35	5	885	1,0	106,1	12,0
00:00	25	910	3,5	109,6	8,4
00:15	15	925	5,7	115,3	22,8
00:35	20	945	2,8	118,1	8,4
01:15	40	985	18,2	136,3	27,3
01:20	5	990	0,1	136,4	1,2
01:45	25	1015	3,8	140,2	9,1
02:30	45	1060	58,8	199,0	78,4
02:50	20	1080	7,4	206,4	2,2
03:05	15	1095	0,2	206,6	0,8
03:10	5	1100	1,4	208,0	16,8
03:20	10	1110	0,1	208,1	0,6
03:40	20	1130	2,5	210,6	7,5
04:00	20	1150	0,3	210,9	0,9
04:15	15	1165	0,9	211,8	3,6
04:40	25	1180	0,5	212,3	1,2
04:55	15	1195	1,0	213,3	4,0
05:00	5	1200	0,2	213,5	2,4

Continuação da TABELA 1.

05:05	5	1205	0,3	213,8	4,1
05:25	20	1225	0,2	214,0	0,6
05:28	3	1228	0,5	214,5	10,0
05:40	12	1240	0,2	214,7	1,0
05:45	5	1245	0,6	215,3	7,2
06:20	35	1280	0,7	216,0	1,2
07:20	60	1340	0,5	216,5	0,5
09:00	100	1440	0,1	216,6	0,1

As obras hidráulicas de pequeno e médio porte – que permitem a utilização da curva IDF para encontrar a quantidade de chuva que determina a dimensão do projeto e, por conseqüência a utilização de um modelo que faça a transformação chuva-vazão – construídas em Pelotas-RS, em período anterior à estimativa da curva IDF eram até então dimensionadas usando curvas de outra localidade. Já àquelas obras de maior porte que necessitam de dados de vazão ou nível observados foram então dimensionadas usando os mesmos. Nesta classe enquadra-se o projeto do Reservatório de água denominado Santa Bárbara.

Em 1968 foi concluída a obra do complexo Santa Bárbara que abastece em torno de 50% a população da cidade de Pelotas-RS. O reservatório possui um vertedor de serviço que foi projetado para um período de retorno de 100 anos, bem como um canal de fuga denominado também de Santa Bárbara.

Ocorreu em Pelotas-RS no dia 07 de maio de 2004 uma precipitação de 216,5 mm e como conseqüência desta, a cidade entrou em estado de calamidade pública, visto que houve o rompimento de um trecho do canal Santa Bárbara, ligado à barragem (Santos, 2004), provocando alagamentos em muitas áreas da cidade. Além disto, a água invadiu a estação de tratamento deixando a cidade sem água potável por alguns dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a equação IDF proposta Goulart et al. (1992) para a localidade em análise, são consideradas intensas, as precipitações que, em 24 horas, sejam iguais ou superiores a 83,1 mm, para o período de retorno de 100 anos. Valores iguais ou superiores a 37,6; 42,02; 45,1; 64,9; e 73,5 mm, para as durações de 30, 45, 60, 360 e 720, respectivamente e, período de retorno de 100 anos, também se classificam como eventos extremos.

Ao comparar os valores das alturas das lâminas precipitadas no evento em estudo com àquelas obtidas a partir da curva IDF em questão, observa-se que em todas as durações

analisadas, ocorreu uma sub-estimação dos valores obtidos a partir da curva IDF utilizada (Tabelas 2 e 3). A partir destes valores foram encontrados, utilizando a equação 2 e as duas metodologias: (Goulart, 1991) e o evento do dia 07/05/2004, os valores de RMS e os acréscimos percentuais constantes na Tabela 4, apenas para o período de retorno de 100 anos.

Este resultado pode ser analisado no mínimo sobre três aspectos: (a) severidade do evento em questão; (b) adequabilidade do uso de curvas IDF, sem análise prévia, na estimativa do hietograma de projeto e; (c) período de retorno utilizado na estimativa da chuva de projeto.

TABELA 2. Valores de Precipitação Máxima (P) e Intensidade Máxima de Precipitação ($I_{m\acute{a}x}$) do evento ocorrido no dia 07/05/2004, na cidade de Pelotas-RS, para as respectivas durações (D)

D (min)	5	10	15	30	45	60	360	720	1440
P (mm)	6,5	13,1	19,6	39,2	58,8	61,1	127,5	141,7	216,5
$I_{m\acute{a}x}$ (mm h ⁻¹)	78,4	78,4	78,4	78,4	78,4	61,1	21,2	11,8	9,0

TABELA 3. Valores de Precipitação Máxima (P) e Intensidade Máxima de Precipitação ($I_{m\acute{a}x}$) obtidos através de Goulart (1991) na cidade de Pelotas-RS, para as respectivas durações (D)

D (min)	5	10	15	30	45	60	360	720	1440
P (mm)	17,7	25,3	29,9	37,6	42,0	45,1	64,9	73,5	83,1
$I_{m\acute{a}x}$ (mm h ⁻¹)	212,3	151,8	119,6	75,3	56,0	45,1	10,8	6,1	3,5

TABELA 4. Acréscimo percentual das alturas de lâminas precipitadas em Pelotas-RS no evento ocorrido no dia 07/05/2004 em relação aos esperados (Goulart, 1991), para àquela localidade e valor de RMS

Duração (min)	30	45	60	360	720	1440	RMS
Acréscimo (%)	104,2	138,5	135,5	196,6	192,8	260,6	129,8

RMS= Quadrado médio do erro associado a estimativa da curva IDF.

Quanto à severidade do evento, este fez parte da configuração meteorológica daquele momento, já quanto a adequabilidade do uso de curvas IDF, sem análise prévia, na estimativa do hietograma de projeto, deve-se atentar ao período de dados utilizados na estimativa da mesma, pois poderá ocorrer de a amostra utilizada, não ser *representativa* do fenômeno a ser representado, ou seja, eventos extremos (Brusa, 2004). No que diz respeito ao período de retorno utilizado na estimativa da chuva de projeto, deve-se atentar concomitantemente aos limites de adequação da curva IDF utilizada, bem como a relação custo-benefício (Tucci et al., 1995).

O conceito clássico de período de retorno diz que este, é o período médio em anos que um dado evento pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez naquele período (Tucci et al., 1995). Ao projetar uma obra hidráulica, como por exemplo, o vertedor de uma barragem, o canal de fuga desta, ou ainda bueiros de rodovias, leva-se em consideração a vazão máxima associada a um período de retorno. A escolha deste fundamenta-se na relação custo-benefício, quando não existem riscos de perdas de vidas humanas. Quando esta possibilidade é real o período de retorno escolhido fica em torno de 1000 a 10000 anos. Valores desta ordem são as recomendações de consultores de hidrologia, com larga experiência profissional, como é o caso do Engenheiro José Augusto Machado – consultor da CODEVASF.

A comparação entre os valores de 86 mm (precipitação máxima em 24 horas) obtido da determinação da normal climatológica, utilizando dados do período de 1971 a 2000 e, os 216,5 mm (Tabela 2), resultou em um acréscimo percentual de 151,7 %.

Percebe-se que a comparação do evento extremo em questão, tanto com os dados obtidos da análise de chuvas intensas para àquela localidade como com o valor da normal, resulta em um acréscimo percentual superior a 150 %.

Estes acréscimos além de justificarem os desastres ocorridos na localidade naquele período, que foram: (a) rompimento da margem esquerda do canal de fuga da barragem Santa Bárbara; (b) interdição de vias públicas; (c) interrupção do abastecimento de água potável; (d) inundação de residências; levam também a reflexão sobre as ferramentas hidrológicas utilizadas para a determinação da vazão de projeto para as localidades que não possuem registros históricos, bem como faz refletir sobre a escolha do período de retorno de obras hidráulicas.

Diante do evento e das conseqüências deste, ainda cabe questionar os limites de duração que a curva IDF de Pelotas-RS foi construída. Estes são: (a) duração de 30 a 1440 minutos; (b) período de retorno de 2 a 100 anos (Goulart et al., 1992).

Com relação à duração, cabe ressaltar que as chuvas consideradas mais intensas ocorrem em durações tão pequenas quanto 5 a 10 minutos, sendo assim ao utilizar-se uma curva IDF para a estimativa da precipitação de projeto que constitui a entrada de modelos que fazem à transformação chuva-vazão, é necessário observar os limites da curva.

Quanto à escolha do período de retorno, igual cuidado deve ser tomado, visto que uma barragem, por exemplo, ou vertedor desta, necessitam ser projetados para períodos de retorno superiores a 100 anos (Tucci et al., 1995).

Por ocasião do evento de precipitação ao qual refere-se este trabalho o vertedor da barragem, embora dimensionado para um período de retorno de 100 anos, operou de forma eficiente. O problema ocorrido dentro do complexo Santa Bárbara foi de construção de obras em terra, ou seja, o rompimento da margem esquerda do canal de fuga. Embora tenha sido isto que efetivamente ocorreu, fica o questionamento de um período de retorno tão pequeno para um reservatório localizado próximo ao centro urbano.

CONCLUSÕES

- Diante do trabalho realizado pode-se concluir que o evento extremo analisado, cujo valor de precipitação para as durações de 30, 45, 60, 360, 720 e 1440 minutos teve um acréscimo de 104,2, 138,5, 135,5, 196,6, 192,8 e 260,6 % em relação aos valores esperados, tanto pela curva IDF como pelo valor normal na duração de 1440 minutos.
- É necessário conhecer os limites para os quais a curva IDF (equação 1) foi estimada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELL, F.C. Generalized rainfall duration frequency relationships. **Journal of the Hydraulics Division American Society of Civil Engineers**, v.95, n.1, p.311-327, 1969.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH/EDUSP, 2001. p.177-241.

BRUSA, L.C. **Aprimoramento Estatístico da Regionalização de Vazões Máximas e Médias. Aplicação a Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2004. 345f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

DAMÉ, R.C.F. **Desagregação de Precipitação Diária para Estimativa de Curvas Intensidade-Duração-Frequência**. 2001. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GOULART, J.P. **Apostila de Hidrologia**. Faculdade de Engenharia Agrícola. Pelotas/RS: Universidade Federal de Pelotas, 1991. 167p.

GOULART, J.P.; MAESTRINI, A.P.; NEBEL, A.L. Relação Intensidade-Duração-Frequência das Chuvas em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.7, n.1, p.543-552, 1992.

KOUTSOYIANNIS, D.; KOZONIS, D.; MANETAS, A. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. **Journal of Hydrology**, v.206, p.118-135, 1998.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil: Relação entre precipitação, duração e frequência em 98 postos com pluviógrafos.** Rio de Janeiro: DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento do Ministério da Viação e Obras Públicas, 1957.

SANTOS, J.P. **Caracterização da Área de Contribuição do Reservatório Santa Bárbara e Identificação de Conflitos.** 2004. 151f. Monografia (Especialização em Recursos Hídricos) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: UFRGS, v.5, 1995. 428 p.

★ ★ ★ ★ ★