

## **METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DE EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF) E EXEMPLO DE APLICAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE CRISTAL, RIO GRANDE DO SUL**

*Karine Pickbrenner<sup>1\*</sup>; Adriana Burin Weschenfelder<sup>2</sup>; Eber José de Andrade Pinto<sup>3</sup>*

**RESUMO** – Este trabalho apresenta a metodologia descrita por Pinto (2013) para a definição de equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e a elaboração da equação IDF do município de Cristal. A análise estatística para a elaboração das curvas IDF foi realizada contemplando séries de máximos parciais para as durações de 5, 10, 15, 30 e 45 minutos e 1, 2, 3, 4, 8, 14, 20 e 24 horas, utilizando 17 anos, no período de 1994 a 2011. As taxas de excedência anuais foram avaliadas pelo teste de Cunnane (1979) e seguem o modelo de Poisson. As séries levantadas foram aprovadas em testes de hipóteses de independência, homogeneidade e estacionariedade. A seleção da distribuição de frequência que apresentou o melhor ajuste às magnitudes dos eventos que superaram o valor limiar foi realizada a partir dos resultados dos testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling e do Qui<sup>2</sup>. As distribuições avaliadas foram: Generalizada de Pareto, Generalizada de Valores Extremos (GEV), Logística Generalizada, Gama, Gumbel e Exponencial. A distribuição selecionada foi a Exponencial. A equação IDF ajustada apresentou o máximo desvio percentual médio absoluto em relação aos dados calculados na análise de frequência de 10,25% e sua aplicação é indicada para tempos de retorno até 75 anos.

**Palavras-Chave** –Intensidade-Duração-Frequência (IDF), Séries de Duração Parcial

## **METHODOLOGY FOR INTENSITY-DURATION-FREQUENCY (IDF) EQUATIONS DEFINITION AND EXAMPLE OF APPLICATION FOR THE CITY OF CRISTAL, RIO GRANDE DO SUL**

**Abstract** – This work presents the methodology described by Pinto (2013) for the definition of Intensity-Duration-Frequency (IDF) equations and the IDF equation formulation to the city of Cristal. The statistical analysis for the determination of the IDF curves was done based on a partial maximum series for 5, 10, 15, 30 and 45 minutes and 1, 2, 3, 4, 8, 14, 20 and 24 hours duration, for 17 years during the period of 1994 to 2011. The annual exceedance rates were evaluated by the Cunnane (1979) test and follow the Poisson's model. The chosen series were approved by independence, homogeneity and stationary hypothesis tests. The selection of the frequency distribution that better fitted the magnitudes of the events that exceeded the threshold value was realized according the results of the Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling and Qui<sup>2</sup> tests. The distributions evaluated were: Generalized Pareto, Generalized Extreme Value (GEV), Generalized Logistic, Gama, Gumbel and Exponential. The selected distribution was the Exponential. The adjusted IDF equation resulted in a maximum absolute average deviation percentage of 10,25% in relation to data calculated by the frequency analysis and its use is indicated to return periods up to 75 years.

**Keywords** –Intensity-Duration-Frequency (IDF), Partial Duration Series

<sup>1\*</sup> Pesquisadora em Geociências da CPRM, R. Banco da Província, 105, 90840030 Porto Alegre RS, [karine.pickbrenner@cprm.gov.br](mailto:karine.pickbrenner@cprm.gov.br)

<sup>2</sup> Pesquisadora em Geociências da CPRM, R. Banco da Província, 105, 90840030 Porto Alegre RS, [adriana.weschenfelder@cprm.gov.br](mailto:adriana.weschenfelder@cprm.gov.br)

<sup>3</sup> Professor Adjunto da EE-UFGM e Pesquisador em Geociências da CPRM, Av. Brasil, 1731, 30140002 Belo Horizonte MG, [eber.andrade@cprm.gov.br](mailto:eber.andrade@cprm.gov.br)

## 1- INTRODUÇÃO

O conhecimento atualizado do comportamento dos eventos extremos de chuva apresenta uma importância cada vez maior em projetos e planejamento de sistemas de drenagem urbana.

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional.

Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se, a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF). Essas relações serão estabelecidas para os pontos da rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviômetros ou estações automáticas.

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

Na definição das relações IDF foram priorizados os municípios onde serão mapeadas, pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, as áreas suscetíveis a cheias, inundações e deslizamentos.

Este trabalho apresenta a metodologia adotada por Pinto (2013) para a definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico. Também expõe um exemplo de sua aplicação, com a elaboração da equação IDF para o município de Cristal, onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica da ANA (Agência Nacional das Águas) Passo do Mendonça, código 03152011, operada pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Esta estação localiza-se no município vizinho a São Lourenço do Sul, assolado pelos efeitos de um evento extremo de chuva, ocorrido em março de 2011.

## 2- CURVAS INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA (IDF)

A disponibilidade de longas séries de precipitação é em geral muito mais frequente que a de vazões. O estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para conhecer-se a vazão de enchente de uma bacia hidrográfica (Bertoni e Tucci, 1993).

As precipitações máximas podem ser retratadas pontualmente pelas curvas que correlacionam as grandezas intensidade máxima da chuva, duração no tempo e probabilidade ou tempo de retorno, elaboradas a partir da seleção de eventos intensos, durante um período suficientemente longo e representativo, obtidos de séries de registros pluviográficos.

A análise estatística para a elaboração das curvas IDF pode ser realizada contemplando séries de máximos anuais ou parciais. A metodologia de séries anuais baseia-se na seleção das maiores precipitações dentro do ano hidrológico. Uma série de duração parcial é constituída somente pelos eventos que excedem certo valor limiar, os quais permitem, na maioria dos casos, a obtenção de amostras de tamanho superior ao número de anos de registros. A utilização de séries parciais apresenta como vantagem a utilização de um número maior de eventos que o número de anos da série, sendo por isto bastante indicada para séries pequenas e com grande número de falhas, situação bastante comum na realidade brasileira. Bertoni e Tucci (1993) observam que a metodologia de séries parciais é usada para séries menores que 12 anos. Silveira (1997) utilizou séries parciais em função do pequeno número de anos disponíveis. O autor, que trabalhou com tempos de retorno abaixo de cinco anos, não observou diferenças significativas na comparação dos resultados das IDF's parciais com as IDF's ajustadas com séries anuais, disponíveis na bibliografia.

As séries parciais apresentam a garantia de seleção dos maiores eventos observados, mais representativos da cauda superior da distribuição de probabilidades a ser ajustada (Davis e Naghettini, 2001). A desvantagem principal encontra-se na dificuldade de levantamento de eventos independentes (Naghettini e Pinto, 2007).

#### 4- MODELAGEM DE SÉRIES DE DURAÇÃO PARCIAL

A análise probabilística para séries parciais deve considerar tanto a modelagem do número de eventos por ano maiores que o limiar estipulado, quanto o ajuste do modelo distributivo das magnitudes das excedências acima do valor limiar.

Conforme dedução apresentada em Naghettini e Pinto (2007), demonstra-se que a relação entre a função acumulada de probabilidades para máximos anuais  $Fa(x)$ , a razão de ocorrência dos eventos acima do limite estipulado  $v$ , e a distribuição acumulada da série de duração parcial  $Hu(x)$  é dada pela seguinte equação:

$$Fa(x) = \exp\{-v[1-Hu(x)]\} \quad (1)$$

Após algumas transformações, obtém-se a seguinte relação entre os tempos de retorno anuais ( $T_a$ ) e parciais ( $T_p$ ):

$$T_a = \frac{1}{1 - \exp(-\frac{1}{T_p})} \quad (2)$$

A aplicação da equação (1) pressupõe que as ocorrências superiores ao limiar sejam independentes entre si e que o número destas excedências seja uma variável de Poisson. O teste usualmente utilizado para avaliar se uma série é poissoniana foi inicialmente apresentado por Cunnane (1979) e está descrito em Naghettini e Pinto (2007).

A função de probabilidades  $Hu(x)$ , associada aos eventos que superaram o valor limiar pode ser prescrita pelo modelo que apresentar o melhor ajuste aos dados amostrais. Na metodologia adotada são testados os seguintes modelos para representar as distribuições das séries parciais: Generalizada de Pareto, Generalizada de Valores Extremos (GEV), Logística Generalizada, Gama, Gumbel e Exponencial.

Partindo-se da equação (1), conhecendo-se a taxa de excedência e os parâmetros da distribuição ajustada aos dados das séries parciais, torna-se possível estimar as magnitudes dos eventos que superam os limites estabelecidos, associadas a uma probabilidade de excedência anual.

#### 5- DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A estação de Passo do Mendonça, código 03152011, está localizada na latitude 031°00'01"S e longitude 052°02'59"W e fica inserida na sub-bacia 87. Esta estação está localizada na sede do município de Cristal.

O município de Cristal situa-se no estado do Rio Grande do Sul, na Latitude 031°00'18"S e Longitude 052°02'39"W, a 158 km de Porto Alegre. O município possui área de 681 km<sup>2</sup> e localiza-se a uma altitude de 24 m.

A sub-bacia 87 possui como corpo d'água principal a Laguna dos Patos. Seus principais formadores são as sub-bacias do Lago Guaíba, a noroeste, e do Camaquã, a oeste. O principal curso d'água da sub-bacia do Camaquã é o rio Camaquã, que se forma pela junção de vários rios e arroios de nascentes na serra do Jaguari, do Tabuleiro e Chapada Santa Teresa, nos municípios de Bagé, Lavras do Sul e Caçapava do Sul. Passa a se chamar rio Camaquã nos limites dos municípios de Bagé e Caçapava.

Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos pluviogramas de um pluviógrafo IH.

A Figura 1 apresenta a localização do município, da estação e da sub-bacia.



Figura 1 - Localização do Município e da Estação Pluviográfica. (Fonte: Google, 2012)

## 6- METODOLOGIA E RESULTADOS

As séries de duração parcial foram levantadas após a digitalização e interpretação de gráficos diários do pluviógrafo da estação Passo do Mendonça, código 03152011. A montagem das séries foi realizada para as durações de 5, 10, 15, 30 e 45 minutos e 1, 2, 3, 4, 8, 14, 20 e 24 horas, utilizando 17 anos hidrológicos (jan-dez) no período de 1994 a 2011.

Na análise dos pluviogramas diários fez-se a seleção dos eventos considerados intensos, adotando-se inicialmente os limites mínimos (limiares) propostos por Pfafstetter (1957), definindo o tamanho da série de maneira a garantir valores de taxas de excedência entre 1 e 3. Tal faixa de valores é mencionada por diversos autores como sendo indicada para garantir a independência serial dos eventos e a hipótese de Poisson (Naghettini e Pinto, 2007). Para este estudo, foi utilizado o valor de  $v$  de 2,5, contabilizando 42 eventos para cada duração. A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva das séries utilizadas.

Tabela 1 – Estatística descritiva das séries de precipitações para as diferentes durações

Duração	Limiar (mm)	Num. Anos	Num. Amostras	Taxa excedência (obs/ano)	Média (mm)	Desvio-Padrão (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Amplitude (mm)	Assimetria	Mediana (mm)	1º Quartil (mm)	3º Quartil (mm)	Amplitude Inter-Quartis (mm)	Teste de Grubbs e Beck	
															Outlier Inferior	Outlier Superior
5 minutos	8,6	17	42	2,5	10,6	1,5	14,4	8,6	5,8	1,1	10,2	9,6	11,1	1,5	Não	Não
10 minutos	12,0	17	42	2,5	15,5	2,9	22,9	12,3	10,6	1,1	14,4	13,4	16,8	3,4	Não	Não
15 minutos	15,1	17	42	2,5	20,0	3,6	30,9	15,2	15,7	1,0	19,2	17,2	21,8	4,6	Não	Não
30 minutos	21,2	17	42	2,5	29,0	6,8	51,6	21,3	30,3	1,4	28,3	23,8	31,2	7,3	Não	Sim
45 minutos	24,7	17	42	2,5	34,3	9,0	69,3	25,0	44,3	1,8	32,6	28,3	38,9	10,6	Não	Sim
1 hora	26,4	17	42	2,5	37,4	11,6	89,5	26,5	63	2,5	34,6	29,8	40,5	10,6	Não	Sim
2 horas	32,3	17	42	2,5	44,9	16,5	122,6	32,5	90,1	3,1	40,3	35,7	44,8	9,1	Não	Sim
3 horas	35,8	17	42	2,5	49,0	17,0	124,1	36,8	87,3	2,9	42,9	39,7	52,3	12,6	Não	Sim
4 horas	38,8	17	42	2,5	52,2	16,8	124,2	38,9	85,3	2,7	46,9	42,4	54,4	12,0	Não	Sim
8 horas	47,0	17	42	2,5	62,6	19,3	127,6	47,0	80,6	2,3	56,7	51,6	63,6	12,1	Não	Sim
14 horas	55,9	17	42	2,5	72,7	19,3	140,7	56,0	84,7	2,1	66,9	61,3	75,2	13,8	Não	Sim
20 horas	61,8	17	42	2,5	79,6	19,9	146,3	61,9	84,4	1,7	72,0	64,8	87,4	22,6	Não	Sim
24 horas	62,9	17	42	2,5	84,7	22,1	160,1	63,5	96,6	1,8	78,0	69,5	90,4	20,9	Não	Sim

Nos dados apresentados na Tabela 1, comparativamente aos resultados obtidos por Pfaftstetter (1957), observa-se que os limiares apresentaram-se consideravelmente superiores, principalmente nas durações a partir de 4 horas, conferindo diferenças acima de 10%. Tal fato pode ser justificado pelas características regionais nos processos de formação de chuvas intensas, nas maiores durações, já que em Pfaftstetter (1957) o autor trabalhou com séries de postos pluviométricos distribuídos em grande parte do território nacional, estabelecendo os limiares de forma a atender todo o conjunto de dados.

As séries levantadas foram submetidas a testes estatísticos para verificar se as taxas de excedência seguiam o modelo de Poisson. Também se realizaram testes de hipóteses para analisar as amostras quanto à independência, homogeneidade e estacionariedade (Wald-Wolfowitz, 1943, Mann e Whitney, 1947, NERC, 1975 apud Naghettini e Pinto, 2007). Em todos os testes acima mencionados, as séries analisadas foram aprovadas para um nível de significância de 5%.

Realizaram-se testes para avaliar a existência de *outliers* (valores atípicos) inferiores e superiores. A metodologia dos testes utilizados (Grubbs e Beck) também se encontra descrita em Naghettini e Pinto (2007). Nas séries avaliadas, conforme se observa na Tabela 1, foram identificados *outliers* superiores nas durações acima de 30 minutos. A presença de pontos atípicos em uma dada amostra pode afetar drasticamente o ajuste de certa distribuição de probabilidades aos dados, mas a melhor decisão torna-se, certamente, na medida do possível, a de manter os *outliers*, buscando encontrar o modelo probabilístico que melhor descrevam o comportamento observado.

A distribuição de frequência que apresentou o melhor ajuste às magnitudes dos eventos que superaram o valor limiar foi a Exponencial.

A definição da distribuição foi realizada a partir dos resultados de três testes de aderência para verificar o ajuste entre a distribuição candidata e os dados empíricos. O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) apresentou 100% de aprovação nas durações testadas, a um nível de significância de 5%; no teste de Qui<sup>2</sup> ocorreu rejeição somente para a duração de 2 horas; já para o teste de Anderson-Darling (AD) a hipótese nula foi rejeitada nas durações de 2, 3 4 e 8 horas. Os resultados dos testes de aderência provavelmente refletem a permanência de *outliers* superiores nas séries: a aprovação em quase totalidade dos testes de KS e Qui<sup>2</sup> deve-se ao fato destes testes apresentarem menor sensibilidade nas caudas inferior e superior, contrariamente ao teste de AD que procura ponderar mais fortemente as caudas das distribuições.

A decisão pela adoção do modelo Exponencial, mesmo frente à reprovação da série de duração de 2 horas em dois testes de aderência foi tomada em função da aprovação em KS e pela justificativa de influencia de *ouliers* nos resultados dos testes. Cabe ressaltar que ocorreram *outliers* em diversas durações anteriores e posteriores a 2 horas. A retirada destes valores atípicos em durações intermediárias pode provocar um desequilíbrio no comparativo entre magnitudes de precipitações de durações sequentes, inviabilizando a correta relação entre as variáveis. A escolha pela manutenção dos *outliers* também foi respaldada nos resultados comparativos da análise de frequência conservando e excluindo os valores atípicos e verificando a influência destas alterações no cálculo das recorrências dos dados preservados na série.

A Tabela 2 apresenta os resultados das alturas de precipitação estimadas, para as diferentes durações e tempos de retorno.

As magnitudes estimadas das precipitações de 24 horas foram comparadas com os resultados obtidos em estudo realizado de Análise de Frequência Local (AFL) (inédito), elaborado com a série de leituras de precipitações diárias (1dia), obtidas de um pluviômetro, localizado no mesmo posto (Passo do Mendonça). Neste estudo foi ajustada a distribuição de Gumbel aos máximos levantados de uma série de 40 anos (1965-2006). No comparativo entre P24h/P1dia obteve-se a relação média de 1,033, que se apresenta relativamente inferior aos valores 1,14 e 1,095, respectivamente

apresentados por CETESB (1986) e Torrico (1975) como relações médias representativas para o Brasil.

Tabela 2 – Alturas de precipitação (mm) para os diferentes tempos de retorno

Tr (Anos)	5 Minutos	10 Minutos	15 Minutos	30 Minutos	45 Minutos	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas	8 Horas	14 Horas	20 Horas	24 Horas
2	11,0	16,4	21,1	30,9	36,8	40,4	48,8	53,1	56,4	67,2	78,4	86,0	91,2
5	12,8	19,9	25,6	39,2	47,4	53,2	65,0	69,9	73,6	88,0	98,0	108,0	115,2
10	13,9	22,2	28,6	44,6	54,3	61,6	75,8	81,0	84,8	100,8	112,0	124,0	132,0
15	14,6	23,5	30,3	47,7	58,3	66,4	82,0	87,3	91,2	108,8	120,4	132,0	141,6
20	15,1	24,4	31,5	49,8	61,0	69,7	86,2	91,8	95,6	114,4	126,0	138,0	148,8
25	15,4	25,2	32,4	51,5	63,1	72,3	89,6	95,4	99,2	118,4	130,2	142,0	153,6
30	15,7	25,7	33,1	52,8	64,8	74,4	92,2	98,1	102,0	121,6	133,0	146,0	158,4
35	16,0	26,2	33,7	54,0	66,3	76,1	94,4	100,5	104,4	124,0	135,8	150,0	160,8
40	16,2	26,6	34,3	55,0	67,6	77,7	96,4	102,3	106,4	126,4	138,6	152,0	165,6
45	16,4	27,0	34,8	55,8	68,6	79,0	98,2	104,1	108,4	128,8	141,4	154,0	168,0
50	16,5	27,3	35,2	56,6	69,6	80,2	99,6	105,9	110,0	130,4	142,8	156,0	170,4
55	16,7	27,6	35,6	57,3	70,5	81,3	101,0	107,1	111,2	132,8	144,2	158,0	172,8
60	16,8	27,9	35,9	57,9	71,3	82,3	102,4	108,6	112,8	134,4	145,6	160,0	175,2
65	17,0	28,2	36,2	58,5	72,1	83,2	103,4	109,8	114,0	135,2	148,4	162,0	175,2
70	17,1	28,4	36,5	59,1	72,8	84,0	104,6	110,7	115,2	136,8	149,8	164,0	177,6
75	17,2	28,6	36,8	59,6	73,4	84,8	105,6	111,9	116,0	138,4	149,8	164,0	180,0

As relações entre algumas alturas de precipitação podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Relação entre as alturas de precipitações de diferentes durações

Tr (anos)	15 minutos/ 30 minutos	30 minutos/ 1 hora	1 hora/ 24 horas	2 horas/ 24 horas	3 horas/ 24 horas	4 horas/ 24 horas	8 horas/ 24 horas	14 horas/ 24 horas	20 horas/ 24 horas
2	0,68	0,76	0,44	0,54	0,58	0,62	0,74	0,86	0,94
5	0,65	0,74	0,46	0,56	0,61	0,64	0,76	0,85	0,94
10	0,64	0,72	0,47	0,57	0,61	0,64	0,76	0,85	0,94
15	0,63	0,72	0,47	0,58	0,62	0,64	0,77	0,85	0,93
20	0,63	0,71	0,47	0,58	0,62	0,64	0,77	0,85	0,93
25	0,63	0,71	0,47	0,58	0,62	0,65	0,77	0,85	0,92
30	0,63	0,71	0,47	0,58	0,62	0,64	0,77	0,84	0,92
35	0,63	0,71	0,47	0,59	0,63	0,65	0,77	0,84	0,93
40	0,62	0,71	0,47	0,58	0,62	0,64	0,76	0,84	0,92
45	0,62	0,71	0,47	0,58	0,62	0,65	0,77	0,84	0,92
50	0,62	0,71	0,47	0,58	0,62	0,65	0,77	0,84	0,92
55	0,62	0,70	0,47	0,58	0,62	0,64	0,77	0,83	0,91
60	0,62	0,70	0,47	0,58	0,62	0,64	0,77	0,83	0,91
65	0,62	0,70	0,47	0,59	0,63	0,65	0,77	0,85	0,92
70	0,62	0,70	0,47	0,59	0,62	0,65	0,77	0,84	0,92
75	0,62	0,70	0,47	0,59	0,62	0,64	0,77	0,83	0,91
Máx	0,68	0,76	0,47	0,59	0,63	0,65	0,77	0,86	0,94
Mín	0,62	0,70	0,44	0,54	0,58	0,62	0,74	0,83	0,91
Média	0,63	0,71	0,47	0,58	0,62	0,64	0,77	0,84	0,92
Mediana	0,63	0,71	0,47	0,58	0,62	0,64	0,77	0,84	0,92

Os resultados médios observados para as relações 30min/1h, 1h/24h e 8h/24h são valores que se aproximam das relações apresentadas em CETESB (1986), respectivamente, 0,74, 0,42 e 0,78.

A Figura 2 apresenta as curvas ajustadas aos dados modelados.

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 2 são do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (3)$$

Onde:

$i$  é a intensidade da chuva (mm/h)

$T$  é o tempo de retorno (anos)

$t$  é a duração da precipitação (minutos)

$a, b, c, d$  são parâmetros da equação

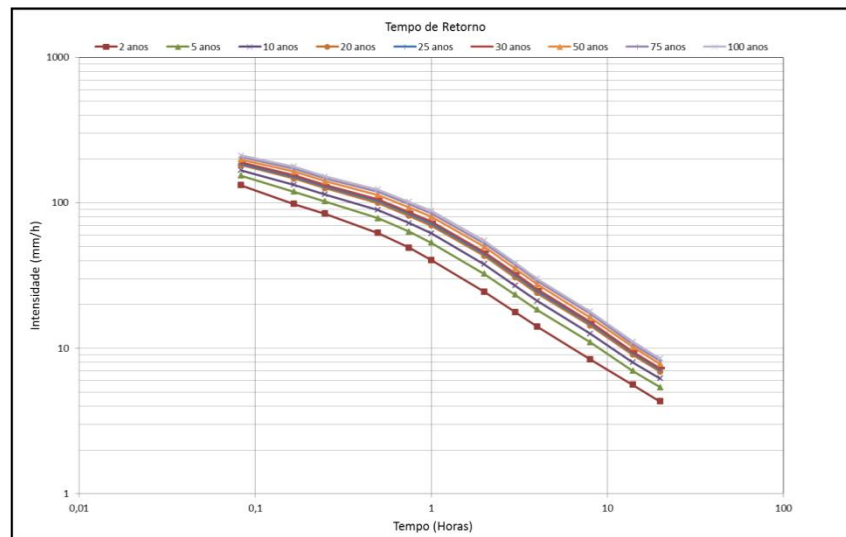


Figura 2 – Curvas intensidade-duração-frequência

A IDF foi dividida em duas equações, sendo seus parâmetros e faixas de duração aplicadas, apresentados na Tabela 4. O máximo desvio percentual médio absoluto entre os dados estimados e a equação ajustada foi de 10,25%.

Tabela 4 – Parâmetros para a equação IDF de Passo do Mendonça

5min ≤ t < 1h	parâmetros Equação 1				1h ≤ t ≤ 24h	parâmetros Equação 2			
	a	b	c	d		a	b	c	d
	482	0,172	8	0,593		880	0,178	0	0,76

Estas equações são válidas para tempos de retorno de até 75 anos.

## 7- CONCLUSÕES

A metodologia descrita por Pinto (2013) para a definição das equações Intensidade-Duração-Frequência apresentou-se bastante eficaz na identificação de séries representativas para os estudos propostos. Os testes para os quais as séries parciais são submetidas apresentam-se muito efetivos no levantamento de problemas existentes na base de dados que muitas vezes podem ser ignorados pelos analistas e produzir resultados que não sejam aderentes à realidade.

Com este trabalho e com os conhecimentos adquiridos na elaboração de algumas IDF's verificou-se que a indicação usual de séries parciais para séries pequenas e com grande número de falhas deve ser avaliada com bastante cuidado. Observou-se que anos hidrológicos com grande número de eventos perdidos podem provocar distorções nos testes de Cunnane, incorrendo em reprovação na premissa básica para a utilização de séries parciais de que o número de excedências seja uma variável de Poisson.

A experiência de elaboração da equação IDF para o município de Cristal permitiu o levantamento das seguintes considerações.

Os limiares definidos nas séries de durações acima de 4 horas, considerando valores de taxa de excedência dos eventos de 2,5, apresentaram-se com diferenças superiores a 10%, comparativamente aos aplicados em Pfafstetter (1957), que utilizou valores médios de forma a atender as características dos eventos extremos em todo território nacional.

As taxas de excedência anuais foram avaliadas pelo teste de Cunnane (1979) e seguem o modelo de Poisson. As séries levantadas foram aprovadas em testes de hipóteses que avaliaram suas características quanto a independência, homogeneidade e estacionariedade. Para a aprovação em

todos os testes, tornou-se necessário proceder a exclusão do ano de 2003, que se apresentava bastante desprovido de eventos extremos levantados.

A distribuição de frequência que apresentou o melhor ajuste às magnitudes dos eventos que superaram o valor limiar foi a Exponencial, sendo adotado como critério de seleção o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, que apresentou 100% de aprovação para o nível de significância de 5%. Os resultados dos testes de aderência de Anderson-Darling mostraram que a presença de *outliers* provavelmente ocasionou a reprovação em algumas durações.

No comparativo entre P24h/P1dia obteve-se a relação média de 1,033. Os resultados apresentados também permitem o cálculo das relações entre diversas durações, podendo ser de grande utilidade para estudos de desagregação em áreas similares, onde somente existam séries históricas de dados diários de precipitação.

A equação IDF ajustada apresentou um máximo desvio percentual médio absoluto em relação aos dados estimados de 10,25% e sua aplicação é indicada para tempos de retorno até 75 anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. (2004). Precipitação. In Hidrologia: ciência e aplicação. Org. por Tucci, C. A. M., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, pp. 177 – 241.
- CETESB. (1986). *Drenagem urbana: manual de projeto*. 3.ed. São Paulo, 452 p.
- DAVIS, E. G.; NAGHETTINI, M. C. (2001). *Estudo de chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro*. Belo Horizonte, CPRM. 140 p.
- GOOGLE EARTH. *Estação pluviográfica de Urubici*. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 17 de dezembro de 2012.
- NAGHETTINI, M., PINTO, E. J. A. (2007) *Hidrologia Estatística*. Ed. CPRM, Belo Horizonte. Disponível em [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br) (Estante virtual).
- PFAFSTETTER, O. (1957). *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. DNOS, Rio de Janeiro, 419 p.
- SILVEIRA, A. L. L. (1997). Provável efeito urbano nas relações IDF das chuvas de Porto Alegre. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol.2n.2Jul/Dez 1997, pp. 93-107.
- PINTO, E. J. A. (2013). *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte.
- TORRICO, J. J. T.(1975). *Práticas Hidrológicas*. 2 ed. Rio de Janeiro, 119 p.