

# RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DAS CHUVAS INTENSAS DE LAGES-SC A PARTIR DA ANÁLISE DE PLUVIOGRAMAS OBSERVADOS

CÉLIO O. CARDOSO<sup>1</sup>, CARLOS A. P. SAMPAIO<sup>2</sup>, CAMILA S. PRAZERES<sup>3</sup>, CRIZANE HACKBARTH<sup>3</sup>

1 Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Dr., Depto. de Agronomia, Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC, Lages - SC, Fone: (0 xx 49) 2101 9133, a2coc@cav.udesc.br

2 Eng. Agrícola, Prof. Associado, Dr., Depto. de Eng. Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC, Lages - SC.

3 Acadêmicas Bolsistas, Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC, Lages - SC.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011  
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**Resumo:** Grandezas características Intensidade-duração-frequencia de chuvas intensas são de fundamental importância para o planejamento de projetos hidráulicos, práticas de conservação do solo e gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica. Sendo a chuva um fenômeno climático do tipo aleatório, o interesse se concentra em determinar, além da intensidade máxima para cada duração, a frequência com que ela pode ocorrer. Foram utilizadas séries anuais de chuvas máximas, obtidas dos registros do pluviógrafo na Estação Meteorológica do CAV, situada em Lages (S.C.), durante o período de 2001 a 2007. Aplicou-se a distribuição estatística de GUMBEL para a obtenção das alturas e intensidades de chuvas em períodos de retorno de 2, 5, 10, 15 e 20 anos. Com base nos resultados foi possível obter as curvas intensidade-duração-frequência (I-D-F) para os tempos de retorno selecionados, bem como suas relações matemáticas. A equação da Família de curvas I-D-F apresentou-se com a seguinte notação:  $i = 2055.Tr^{0,218}.(t+19,38)^{-0,99}$ , onde  $i$  é a intensidade,  $Tr$  o tempo de retorno e  $t$  a duração da chuva. Equações mais simplificadas, relacionando apenas intensidade e duração, foram obtidas para cada período de retorno.

**Palavras Chave:** Chuvas extremas, Tempo de retorno, Distribuição Gumbel.

## INTENSE RAINFALL RELATIONS INTENSITY-DURATION-FREQUENCY OF LAGES-SC FROM OBSERVED RAINFALL GRAPHS

**Abstract:** The intense rainfall I-D-F relations are so important for the hydraulic project plan, hydric resource management and soil conservation watersheds. The rain is a climatic phenomenon and therefore the principal interest is determine the intensity and frequency that it can happen. In this study a historical series of maximum rainfall of “one day” was used, obtained from rainfall graph record, during 7 consecutive years (2001 – 2007) in the Meteorological Station of CAV/UDESC, in Lages (SC). The Gumbel statistic distribution was used to obtain the rainfall level in the return periods between 2 and 20 years. With base in the results was possible to obtain the curved intensity-duration-frequency (I-D-F) for the selected return periods, as well as the mathematical ratio. The equation of the curves family I-D-F came with the following notation:  $i = 2055.Tr^{0,218}.(t+19,38)^{-0,99}$  where  $i$  is the rain intensity,  $t$  the duration and  $Tr$  the return period. Simplified equations just relating intensity and duration were obtained for each return period.

**Keywords:** intense rainfall, return periods, Gumbel distribution

**Introdução:** O conhecimento das grandezas características das chuvas intensas é de grande interesse devido sua freqüente aplicação nos projetos hidráulicos e manejo de recursos hídricos. Deve-se conhecer a magnitude e freqüência com que chuvas intensas podem ocorrer, caracterizadas pela sua duração, intensidade e freqüência ou período de retorno. Portanto, há a necessidade de uma análise, valendo-se dos princípios de probabilidade. Em geral, a freqüência de valores extremos de grandezas hidrológicas ajusta-se à distribuição do Tipo I de Fisher-Tippet (Villela & Mattos, 1975), conhecida como distribuição de Gumbel. Mediante este tipo de análise estatística, pode-se prever a freqüência de ocorrência das chuvas máximas em uma certa localidade. Então pode-se estabelecer as relações intensidade-duração-freqüência, a partir da análise de pluviogramas diários registrados em pluviógrafos. Os resultados dessas análises podem ser apresentados através de uma família de curvas, sendo uma curva para cada período de retorno, relacionando intensidades e durações das chuvas. Expressões matemáticas podem ser ajustadas a estas curvas. Segundo Souza Pinto et al. (1976), após grande número de observações, os hidrólogos chegaram a um tipo de equação que melhor se ajusta aos dados experimentais, denominada "equação intensidade-duração-freqüência, como a seguir:  $i = k.Tr^m(+b)^{-n}$  onde,  $i$  é a intensidade da chuva para um tempo de duração " $t$ " e para um período de retorno " $Tr$ ";  $k$ ,  $m$ ,  $n$  e  $b$  são parâmetros de ajuste estatístico. Assim, objetivou-se analisar as relações intensidade-duração-freqüência das chuvas intensas registradas em pluviógrafos, determinando-se equações que melhor caracterizam àquelas relações, para os diferentes períodos de retorno de chuva para Lages, SC.

**Material e Métodos:** Os dados de chuva máxima foram obtidos nos registros (pluviogramas) da Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), situada nas seguintes coordenadas geográficas: Altitude: 920 m; Latitude: 27° 49'; Longitude: 50° 20'. Foram obtidas as alturas, tempo de duração, intensidades médias, máximas, bem como a freqüência de ocorrência das chuvas intensas, de uma série histórica de registros em pluviogramas de 7 anos consecutivos (2001-2007). Para a leitura dos pluviogramas foi utilizada uma mesa digitalizadora e um aplicativo apropriado para a interpretação dos traços registrados nos gráficos do pluviógrafo. Para a análise estatística da probabilidade e tempo de retorno das chuvas intensas pela distribuição de Gumbel, obteve-se em cada ano da série histórica, a máxima altura de chuva de um dia, constituindo-se desta forma a série anual de máximas magnitudes. Após a obtenção das probabilidades de ocorrência ou períodos de retorno, plotou-se a freqüência ou tempo de retorno esperado no papel de Gumbel e traçou-se a reta para verificar o ajuste. Visualmente observou-se o bom ajuste a esta distribuição teórica. Obteve-se, então, a reta analítica para a estimativa das alturas de chuva em função dos tempos de retorno desejados, dispensando o uso do gráfico. A partir da formulação da distribuição de Gumbel, fazendo-se:

$$\frac{\sigma y}{S_x} = w \quad \text{e} \quad \mu x - S_x \cdot \frac{\mu y}{\sigma y} = z ; \quad \text{tem-se:}$$

$y_i = w.(x_i - z)$  ; isolando a variável aleatória  $x_i$ , obtém-se a reta analítica em função da variável reduzida,

$$x_i = \frac{y_i}{w} + z$$

Colocando a variável reduzida em função do tempo de retorno ( $Tr_i$ ), resulta:

$$y_i = -\ln[-\ln(1 - \frac{1}{Tr_i})]$$

Assim, a reta analítica em função do tempo de retorno será:

$$x_i = \frac{-\ln[-\ln(1 - \frac{1}{Tr_i})]}{w} + z$$

onde,  $x_j$  é a variável hidrológica aleatória ou seja a altura de chuva máxima esperada para determinado tempo de retorno;  $Tr_j$  é o tempo de retorno desejado;  $\ln$  é o logaritmo natural;  $w$  e  $z$  são os parâmetros da equação de reta, obtidos em função dos elementos estatístico da amostra e da variável reduzida de Gumbel. Os valores obtidos de intensidade e tempo de duração para cada tempo de retorno foram plotados em gráficos, através de suas coordenadas ortogonais, obtendo-se as famílias de curvas Intensidade-Duração-Frequência.

**Resultados e Discussão:** As alturas de chuvas máximas para as durações selecionados são apresentadas na tabela 1. Observou-se que para a duração de 10 minutos o maior valor de chuva ocorreu no ano de 2002, enquanto para a duração de 1 hora ocorreu no ano de 2003. Também observou-se que as chuvas máximas nos anos de 2002, 2003 e 2004 foram inferiores a 18 horas de duração.

Tabela 1. Alturas de chuvas intensas (mm) para diferentes tempos de durações da chuva no período de 2001 a 2007 para Lages, SC.

Ano	Tempo de duração – min										
	10	20	30	40	50	60	120	240	360	720	1080
2001	10,0	20,0	28,4	29,6	30,6	31,2	31,2	39,5	57,3	51,7	10,0
2002	19,8	25,6	27,0	28,4	28,8	32,4	48,4	52,5	52,5	26,4	0,0
2003	10,0	20,0	30,0	40,0	41,2	41,6	26,0	31,2	36,0	29,4	0,0
2004	10,0	19,2	28,6	31,6	33,6	33,8	35,0	27,6	40,7	61,9	0,0
2005	10,0	16,8	17,6	19,2	20,6	20,8	28,6	32,0	38,2	61,6	83,6
2006	11,6	17,8	24,6	32,2	35,8	37,4	39,4	41,8	48,2	65,1	11,5
2007	12,2	15,0	12,2	21,2	22,0	22,4	26,4	29,8	34,8	52,2	36,8

A partir destes valores foram determinadas as intensidades médias das chuvas máximas (denominadas intensidades médias máximas) para os tempos de duração selecionados, os quais são apresentados na tabela 2. Pode-se observar que, com o aumento do tempo de duração das chuvas intensas, suas intensidades médias máximas diminuem.

Tabela 2. Intensidades médias máximas de chuva (mm/h) para diferentes tempos de durações da chuva no período de 2001 a 2007 para Lages, SC.

Ano	Tempo de duração – min										
	10	20	30	40	50	60	120	240	360	720	1080
2001	60,0	60,0	56,8	44,4	36,7	31,2	15,6	9,9	9,6	4,3	0,6
2002	118,8	76,8	54,0	42,6	34,6	32,4	24,2	13,1	8,8	2,2	0,0
2003	60,0	60,0	60,0	60,0	49,4	41,6	13,0	7,8	6,0	2,5	0,0
2004	60,0	57,6	57,2	47,4	40,3	33,8	17,5	6,9	6,8	5,2	0,0
2005	60,0	50,4	35,2	28,8	24,7	20,8	14,3	8,0	6,4	5,1	4,6
2006	69,6	53,4	49,2	48,3	43,0	37,4	19,7	10,5	8,0	5,4	0,6
2007	73,2	45,0	24,4	31,8	26,4	22,4	13,2	7,5	5,8	4,4	2,0

A maior intensidade de chuva foi de 118,8 mm/h para a duração de 10 minutos ocorrendo no ano de 2002, enquanto que para 1 hora a maior intensidade foi de 41,6 mm/h em 2003. Após a análise estatística de frequências foi possível conhecer o tempo de retorno das chuvas intensas e obter as relações matemáticas que relacionam as grandezas características (altura, intensidade, duração e frequência) destas chuvas para Lages.

Obtiveram-se as retas analíticas de frequência para cada duração de chuva considerada. Estas relações permitem-nos uma maior comodidade e precisão na obtenção das alturas máximas de chuva esperadas, para os períodos de retorno desejados e a partir destas as intensidades médias das chuvas máximas esperadas puderam ser obtidas através do quociente entre a altura de chuva e tempo de duração, e são apresentadas na Tabela 4. Pode-se observar o decréscimo gradual das intensidades médias à medida em que o tempo de duração da chuva vai aumentando, como citado por vários autores.

TABELA 4. Intensidades médias máximas de chuva esperadas para os tempos de retorno e durações selecionados para Lages -SC.

Duração	Período de retorno (anos)				
	2	5	10	15	20
	(mm.h <sup>-1</sup> )				
18 h	1,54	3,18	4,27	4,88	5,31
12 h	3,98	5,43	6,39	6,94	7,32
6 h	7,14	8,76	9,82	10,43	10,85
4 h	8,81	11,24	12,85	13,76	14,40
2 h	16,28	20,76	23,73	25,40	26,57
60 min	30,43	38,75	44,26	47,36	49,54
50 min	35,34	45,10	51,56	55,21	57,76
40 min	42,01	53,64	61,34	65,69	68,73
30 min	46,44	61,16	70,92	76,41	80,25
20 min	56,34	67,46	74,83	78,99	81,90
10 min	68,96	92,71	108,44	117,32	123,53

Na Tabela 5 encontram-se os coeficientes das equações intensidade-duração (I-D) para cada período de retorno estudado para Lages. Os coeficientes "a" e "b" são usados nas equações para durações de chuva entre 5 a 120 minutos (equação de TALBOT) e os coeficientes "c" e "d" nas equações para durações de chuva superiores a 120 minutos. Os altos valores de coeficiente de determinação demonstram o bom ajuste dos dados a estas equações obtidas.

TABELA 5. Coeficientes "a", "b", "c" e "d" das equações intensidade-duração e coeficientes de determinação para os períodos de retorno selecionados, para Lages – SC

Equação Tr \ coef.	t entre 5 a 120 min.			t maior que 120 min.		
	a	b	r <sup>2</sup>	c	d	r <sup>2</sup>
2	2325,58	19,30	0,99	2083	0,98	0,94
5	3030,30	19,48	0,98	1014	0,81	0,98
10	3448,28	19,38	0,99	834	0,75	0,99
15	3703,70	19,44	0,97	779	0,72	0,98
20	3846,15	19,31	0,96	751	0,99	0,97

Obteve-se também a equação Intensidade-duração-frequência (I-D-F), a qual permite prever intensidades médias máximas de chuva a partir da sua duração e período de retorno.

A equação obtida para Lages apresenta-se como:  $i = 2055.Tr^{0,218}.(t + 19,38)^{-0,99}$

Esta equação apresenta certa semelhança a obtida por CARDOSO et al., (1998) a qual foi obtida a partir de dados de pluviômetros com a aplicação do modelo de desagregação de chuvas diárias.

Na figura 1 são apresentadas as curvas que relacionam as intensidades, durações e frequências (tempo de retorno) das chuvas máximas com duração até 18 horas para Lages.

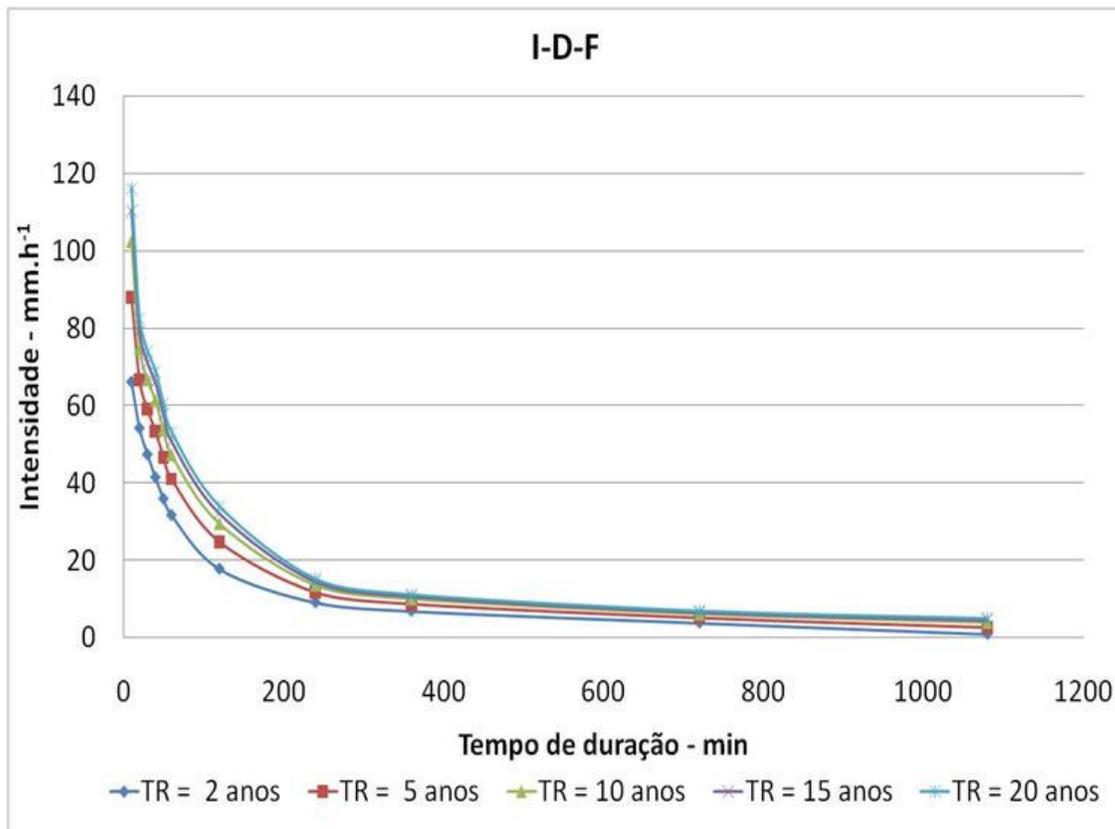


FIGURA 1. Curvas Intensidade-duração-frequência das chuvas máximas no período de 2001-2007 para Lages-SC

**Conclusões:** Com base nos dados obtidos no estudo, é possível apresentar as seguintes conclusões: A equação intensidades-duração-frequência para Lages apresenta-se com a seguinte notação:  $i = 2055.Tr^{0,218}.(t + 19,38)^{-0,99}$ , onde  $i$  é a intensidade média máxima,  $Tr$  é o tempo de retorno e  $t$  a duração da chuva. As equações obtidas para cada período de retorno, que expressam a relação entre as intensidades e as durações de chuvas máximas, para Lages, apresentaram altos valores de coeficiente de determinação. Sendo assim, as equações obtidas, podem ser usadas para prever a magnitude das chuvas para o local do estudo, nos períodos de retorno de 2 a 20 anos.

#### Referências.

- CARDOSO, C.O.; ULLMANN, M.N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e Campos Novos, SC. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, 22:131-140, 1998.
- SOUZA PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. Hidrologia Básica. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1966.
- VILLELA, SWAMI MARCONDES & MATTOS, ARTHUR. Hidrologia Aplicada. Mcgraw-Hill do Brasil. S.P. 245p, 1975.