

RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS DE URUSSANGA, SC.

Álvaro José Back

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Epagri, Urussanga, SC, ajb@epagri.sc.gov.br

1 RESUMO

Este artigo apresenta as relações Intensidade-Duração-Freqüência de chuvas com duração de 5 até 1440 minutos para a cidade de Urussanga, SC. A distribuição de extremos tipo I forneceu melhor estimativa dos valores de chuvas intensas para durações de até 1 hora, e a distribuição Log Pearson tipo III forneceu melhor estimativa para durações superiores a 1 hora. Foram ajustados os parâmetros da equação de chuvas intensas, obtendo-se $K = 6828,8$; $m = 0,178$; $b = 33,85$ e $n = 1,143$ para chuvas com duração de até 120 minutos; $K = 284,3$; $m = 0,220$; $b = 0,0$ e $n = 0,578$ para chuvas com duração de 120 a 480 minutos; $K = 423,23$; $m = 0,297$; $b = 0,0$ e $n = 0,678$ para chuvas com duração de 480 a 1440 minutos. Também foram analisadas as relações entre chuvas de diferentes durações. A relação entre a chuva máxima em 24 horas e a chuva de um dia depende do horário da coleta da chuva diária e do período de retorno, tendo em média o valor 1,14.

UNITERMOS: Precipitação, chuva de projeto, estatística.

BACK, Á. J. INTENSITY-DURATION-FREQUENCY RELATION OF INTENSE RAINFALL FOR URUSSANGA-SC.

2 ABSTRACT

This paper presents the Intensity-Duration-Frequency relationship of rainfall with duration varying from 5 to 1440 minutes for Urussanga, SC, Brazil. The distribution of extreme type I provided best estimation of rainfall for durations up to 1 hour, and Log Pearson Type III distribution provided the best estimation for durations over 1 hour. Heavy rain equations were adjusted, resulting in $K = 6828.8$, $m = 0.178$, $b = 33.85$, $n = 1.143$ for rainfall with up to 120 minutes; $K = 284.3$, $m = 0.220$, $b = 0.0$, and $n = 0.578$ for rainfall from 120 to 480 minutes; $K = 423.23$, $m = 0.297$, $b = 0.0$ and $n = 0.678$ for rainfall from 480 to 1440 minutes. The relationship between rainfall of different durations was also analyzed. The relationship between the maximum rainfall during 24 hours and the rain of a day depends on the time of the collection of daily rainfall and return period and the average value of 1.14.

KEYWORDS: Rainfall, design rainfall, statistics.

3 INTRODUÇÃO

O estudo das relações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) das precipitações extremas é de grande interesse nos trabalhos de hidrologia por sua freqüente aplicação na estimativa das vazões de projeto para dimensionamento de obras de engenharia tais como vertedores de barragens, bueiros, bocas de lobo, terraços e canais de drenagem.

Essas relações podem ser expressas de forma gráfica nas curvas IDF, ou por meio das equações de chuvas intensas, que tem a vantagens de facilitar suas utilização em programas de computador, para estimativa de parâmetros hidrológicos como o tempo de concentração e a distribuição temporal da precipitação. A dificuldade que se apresenta na obtenção das equações de chuvas intensas está na baixa densidade de pluviógrafos, bem como no tamanho das séries desses dados.

Nos locais onde não se dispõem de pluviógrafos, o procedimento adotado normalmente consiste em estabelecer a chuva máxima esperada com duração de um dia, e a partir de relações estabelecidas em outras regiões estima-se a chuva para uma duração inferior (Tucci, 1993, Tomaz, 2002).

Eltz et al. (1992) afirmam que a análise de frequência é uma técnica estatística importante no estudo de chuvas, devido a grande variabilidade temporal e espacial da precipitação pluvial, a qual não pode ser prevista com bases puramente determinísticas.

Existem diversas teorias de probabilidade empregadas para análise de chuvas extremas, sendo as mais utilizadas a distribuição log-normal com dois parâmetros, distribuição log-normal com três parâmetros, distribuição Pearson tipo III, distribuição log-Pearson tipo III, distribuição de extremos tipo I, também conhecida como distribuição de Gumbel (Kite, 1978).

Back (2001) estudando dados de chuvas máximas diárias de cem estações pluviométricas de Santa Catarina verificou que a distribuição de Gumbel apresentou o melhor ajuste aos dados observados em 60 % das estações, e em 93 % das estações com menos de vinte anos de dados. Segundo Sevruck & Geiger (1981) não há uma teoria suficientemente firme para justificar o uso de uma ou outra distribuição, no entanto existem algumas justificativas teóricas para a aplicação da distribuição de Gumbel, distribuição Pearson e Log-Normal para a análise dos valores extremos. A distribuição de Gumbel tem tido grande aplicação para o estudo de chuvas extremas, tanto para curtas como longas durações (Reich, 1963; Trent & Dickerson, 1976; Pinto, 1995).

Em Santa Catarina existem poucos pluviógrafos em funcionamentos e na maioria deles não houve um estudo das relações IDF. Back (2002) apresenta ajuste de equações de chuvas intensas para oito estações com dados de pluviógrafos e 156 estações pluviométricas, baseadas nas relações entre chuvas de diferentes durações recomendadas pela Cetesb (1986). Este trabalho tem como objetivo analisar as relações IDF das chuvas intensas e ajustar equações de chuvas intensas para a cidade de Urussanga-SC, bem como estabelecer as relações entre chuvas de diferentes durações.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados os pluviogramas da Estação Meteorológica de Urussanga-SC (latitude 28°31' S, longitude 49°19' W.) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) relativos ao período de 1981 a 2005. O clima da região é classificado segundo a classificação de Köppen como Cfa (mesotérmico, sem estação seca definida e verão quente).

A precipitação média anual é da ordem de 1624 mm, com 142 dias de chuva durante o ano. A temperatura média anual é de 19,4°C, sendo a média do mês mais quente (24,1°C) em fevereiro e o mês mais frio (14,6°C) em junho. Os pluviogramas foram digitalizados e armazenados em meio magnético. Elaborou-se um programa para discretizar os arquivos digitalizados em intervalos de um minuto, e posteriormente determinar as séries de máximas anuais por totais moveis para as durações de 5 minutos até 1440 minutos.

Foram testadas as distribuições log-normal com dois parâmetros, log-normal com três parâmetros, distribuição Pearson tipo III, log-Pearson III e a distribuição de extremos tipo I, com os parâmetros estimados pelo método dos momentos. Para testar a adequacidade das distribuições empregou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e para escolher a distribuição que melhor se ajustou aos dados observados foi adotado o critério do menor erro padrão de estimativa, conforme sugerido por Kite (1978), calculado como:

$$E_p = \sqrt{\frac{\sum (X_{o_i} - X_{e_i})^2}{n - m}} \quad (1)$$

sendo E_p o erro padrão de estimativa de uma dada distribuição de probabilidade; X_{o_i} a precipitação observada no ano i , X_{e_i} a precipitação esperada no ano i ; n o número de elementos na série de máxima anuais; m o número de parâmetros da distribuição de probabilidade estudada.

A precipitação máxima esperada foi estimada pela distribuição de extremos tipo I segundo a equação:

$$X = \mu + (Y - \mu_y) \frac{\sigma}{S_y} \quad (2)$$

sendo: μ = média dos valores observados de X ; σ = desvio padrão dos valores observados de X ; μ_y = média da variável reduzida; σ_y = desvio padrão da variável reduzida; Y = variável reduzida, calculada por.

$$y = -\ln \left\{ -\ln \left[1 - \left(\frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (3)$$

em que: T = período de retorno (anos).

Pela distribuição Log Pearson tipo III os valores foram estimados conforme:

$$X = e^{(\mu + K\sigma)} \quad (4)$$

onde μ e σ são os parâmetros da distribuição e K é o fator de frequência, estimados conforme Kite (1978).

As relações IDF de chuvas pode ser representadas por equações do tipo:

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad (5)$$

onde i é a intensidade de chuva; T é período de retorno; t é a duração de chuva; K , m , b , n são parâmetros da equação que devem ser ajustados aos dados observados.

O ajuste destes parâmetros foi feito minimizando a soma dos quadrados dos desvios (S) para todas as durações e períodos de retorno considerado, segundo a expressão:

$$S = \sum_{d=1}^n \sum_{T=1}^n (f_{i,d,T} - fo_{d,T})^2 \quad (6)$$

onde: $f_{i,d,T}$ é a intensidade estimada para a duração d , e período de retorno T ; $fo_{d,T}$ é a intensidade observada para a duração d , e período de retorno T .

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas dos valores observados para cada duração estudada. O coeficiente de variação varia entre 21,2 a 42,0 %, sendo os maiores valores observados para as maiores durações de chuva. Com relação ao coeficiente de assimetria observa-se que os valores variam entre 0,80 a 3,24, sendo os maiores valores de coeficiente de assimetria observado para as chuvas com duração superior a 6 horas. Esses valores mais altos de coeficiente de variação e de assimetria para as durações maiores se devem pela presença de uma chuva extrema na amostra totalizando 249,7mm em 24 horas.

Na Tabela 2 são apresentados os valores do erro padrão de estimativa (Ep) e do valor do desvio máximo entre as freqüências observadas e as freqüências teóricas utilizadas no teste de Kolmogorov-Smirnov (D_{max}), para as diferentes distribuições estatísticas estudadas. Todos os valores de D_{max} calculados foram inferiores ao valor crítico para o nível de significância de 5 % (D crítico = 0,281), e dessa forma o teste de Kolmogorov-Smirnov não rejeitou nenhuma das distribuições testadas, apesar de se verificar diferenças acima de 20 % na precipitação estimada com períodos de retorno de 100 anos. O critério de adotar a distribuição com menor erro padrão tem a vantagem de considerar todos os valores no cálculo, e não somente um único valor como o teste de Kolmogorov-Smirnov (Kite, 1978). A distribuição de extremos tipo I apresentou menor erro padrão de estimativa para as durações inferiores a 1 hora (60 minutos), enquanto que para durações maiores os menores valores do erro padrão foram obtidos pela distribuição Log-Pearson tipo III. O coeficiente de assimetria da distribuição de extremos tipo I é igual a 1,1396 (Kite, 1978), portanto espera-se um melhor ajuste para amostra com coeficiente de assimetria próximo desse valor.

Dessa forma, foi utilizada a distribuição de extremos tipo I para estimar as chuvas com duração de até 60 minutos e a distribuição Log Pearson III com dois parâmetros para estimar a precipitação com durações superiores (Tabela 3).

Tabela 1. Estatísticas descritivas precipitações máximas anuais de Urussanga, SC.

Duração (min)	Estatísticas (mm)				Coeficiente de		
	média	mediana	maior valor	menor valor	desvio padrão	variação (%)	assimetria
5	10,5	9,6	16,6	6,9	2,37	22,7	1,23
10	16,5	16,2	25,4	10,9	3,50	21,2	0,80
15	22,1	21,7	40,6	14,2	5,75	25,9	1,64
20	25,6	24,7	48,4	16,6	7,35	28,7	1,44
25	28,0	27,1	55,3	16,8	8,93	31,9	1,31
30	30,1	29,6	61,6	16,9	10,03	33,3	1,30
35	31,8	30,6	67,4	16,9	10,88	34,2	1,45
40	33,2	31,9	72,8	16,9	11,78	35,5	1,58
45	34,5	32,8	78,1	17,0	12,52	36,2	1,76
50	35,7	33,2	80,8	17,0	12,72	35,7	1,85
55	36,6	33,8	82,2	17,8	12,71	34,7	1,94
60	37,6	35,4	83,8	18,7	12,85	34,2	1,98
75	39,7	40,1	86,0	21,5	13,30	33,5	1,89
90	41,8	41,3	88,9	23,0	13,81	33,0	1,86
105	43,7	41,5	90,8	24,3	14,18	32,4	1,79
120	45,6	43,7	90,8	25,7	14,04	30,8	1,65
150	48,7	44,6	90,8	27,5	15,10	31,0	1,17
180	51,0	47,2	90,8	29,4	16,01	31,4	1,13
240	55,8	51,3	103,9	33,9	18,96	34,0	1,33
300	59,8	53,9	121,3	35,6	20,46	34,2	1,52
360	64,1	56,4	143,9	39,6	23,25	36,3	2,05
420	68,6	60,9	164,4	41,5	26,21	38,2	2,34
480	72,2	67,3	180,8	45,4	28,29	39,2	2,66
600	77,7	73,4	203,2	49,4	31,15	40,1	3,01
720	83,1	76,3	227,2	50,7	34,88	42,0	3,24
840	87,3	78,7	235,5	52,8	36,16	41,4	3,16
960	91,3	83,8	243,3	52,8	37,79	41,4	2,98
1080	94,8	88,4	247,0	52,8	38,36	40,5	2,82
1200	97,7	88,9	248,0	54,7	39,10	40,0	2,58
1320	100,5	89,0	248,5	57,3	39,03	38,8	2,48
1440	103,4	89,0	249,7	58,6	39,85	38,6	2,31

Tabela 2. Desvio máximo (Dmax) e erro padrão de estimativa (Ep) para as diferentes distribuições de probabilidades ajustadas para cada duração.

Duração (min)	Distribuição									
	Log Normal 2 parâmetros		Log Normal 3 parâmetros		Pearson tipo III		Log Pearson Tipo III		Extremos Tipo I	
	Dmax	Ep	Dmax	Ep	Dmax	Ep	Dmax	Ep	Dmax	Ep
5	0,1486	0,67	0,1654	0,77	0,1556	0,72	0,1023	0,58	0,1254	0,54
10	0,0952	0,84	0,0918	0,86	0,0919	0,85	0,0864	0,88	0,1098	0,72
15	0,0832	1,82	0,0743	1,68	0,1284	1,70	0,1013	1,63	0,1037	1,60
20	0,1051	2,23	0,1116	2,16	0,1263	2,14	0,1303	2,11	0,1218	2,02
25	0,0775	2,30	0,0809	2,30	0,0933	2,25	0,0988	2,23	0,0819	2,02
30	0,0829	2,75	0,0889	2,79	0,1250	2,81	0,1132	2,76	0,0895	2,53
35	0,1026	3,28	0,0986	3,32	0,1012	3,46	0,0979	3,32	0,0994	3,12
40	0,0926	3,90	0,1041	3,94	0,1324	4,16	0,1156	3,96	0,1008	3,80
45	0,0915	4,47	0,0962	4,51	0,1307	4,84	0,1033	4,55	0,1264	4,44
50	0,0924	4,75	0,1150	4,75	0,1564	5,11	0,1143	4,84	0,1194	4,73
55	0,0864	4,83	0,1051	4,77	0,1511	5,15	0,1046	4,86	0,1170	4,80
60	0,1077	4,89	0,0954	4,81	0,1627	5,21	0,0887	4,87	0,1361	4,85
75	0,1213	4,72	0,1079	4,55	0,1987	4,77	0,1265	4,49	0,1439	4,58
90	0,1211	4,82	0,0957	4,60	0,1569	4,74	0,1184	4,50	0,1415	4,64
105	0,1067	4,65	0,0829	4,38	0,1589	4,38	0,0773	4,23	0,1271	4,37
120	0,1375	4,59	0,1121	4,34	0,1378	4,27	0,1017	4,19	0,1402	4,25
150	0,1254	3,95	0,1216	4,00	0,1196	3,78	0,1030	3,82	0,1251	3,46
180	0,1401	4,07	0,1387	4,15	0,1069	3,81	0,0962	3,92	0,1483	3,54
240	0,1401	5,35	0,1346	5,35	0,0931	4,69	0,0767	5,01	0,1426	4,92
300	0,1094	5,47	0,0958	5,25	0,1098	4,69	0,0731	4,80	0,1161	4,88
360	0,0955	8,02	0,0944	7,30	0,1586	6,87	0,0851	6,86	0,1184	7,88
420	0,0979	9,98	0,0733	9,14	0,1506	9,13	0,0800	8,82	0,1231	10,15
480	0,1091	12,10	0,0788	11,04	0,2802	11,31	0,1200	10,86	0,1521	12,57
600	0,1238	15,22	0,0898	14,01	0,2117	14,63	0,1883	13,95	0,1662	16,06
720	0,1239	18,13	0,1211	16,80	0,2083	17,47	0,1986	16,84	0,1620	19,37
840	0,1080	18,43	0,1176	17,09	0,2348	17,80	0,1600	17,12	0,1502	19,61
960	0,1028	18,09	0,1053	16,87	0,2163	17,74	0,1400	16,75	0,1411	19,16
1080	0,1335	18,19	0,0900	16,63	0,2374	17,10	0,1400	16,75	0,1411	19,16
1200	0,1598	18,78	0,1200	17,15	0,2588	16,78	0,1400	16,75	0,1411	19,16
1320	0,1871	19,91	0,1470	18,28	0,2713	17,60	0,1400	16,75	0,1411	19,16
1440	0,2149	21,30	0,1798	19,80	0,2758	18,55	0,1400	16,75	0,1411	19,16

Tabela 3. Intensidade de chuva esperada (mm/h) para Urussanga, SC.

Duração (minutos)	Período de Retorno (anos)						
	2	5	10	20	25	50	100
5	121,2	150,9	170,6	189,5	195,5	213,9	232,2
10	95,9	117,9	132,4	146,3	150,7	164,3	177,8
15	85,1	109,1	125,0	140,2	145,0	159,9	174,7
20	73,5	96,5	111,7	126,3	130,9	145,2	159,4
25	64,0	86,4	101,2	115,4	119,9	133,7	147,5
30	57,2	78,2	92,0	105,3	109,5	122,5	135,4
35	51,8	71,2	84,1	96,4	100,4	112,4	124,4
40	47,1	65,5	77,7	89,4	93,1	104,6	115,9
45	43,5	60,9	72,5	83,5	87,0	97,8	108,6
50	40,5	56,5	67,0	77,1	80,3	90,2	100,0
55	37,9	52,3	61,9	71,1	74,0	83,0	91,9
60	35,7	49,1	57,9	66,4	69,1	77,5	85,7
75	29,2	38,1	44,8	51,9	54,3	62,2	70,8
90	25,6	33,2	39,1	45,4	47,5	54,5	62,3
105	23,0	29,7	34,9	40,4	42,3	48,6	55,5
120	21,1	27,0	31,5	36,2	37,8	42,9	48,5
150	18,2	23,5	27,2	31,0	32,2	36,3	40,5
180	15,8	20,4	23,8	27,4	28,6	32,4	36,6
240	12,6	16,6	19,8	23,3	24,6	28,7	33,4
300	10,8	14,2	17,0	20,0	21,0	24,4	28,3
360	9,5	12,5	15,1	18,1	19,2	23,0	27,5
420	8,6	11,4	13,9	16,9	18,0	21,7	26,2
480	7,9	10,4	12,7	15,6	16,6	20,4	25,0
600	6,7	8,8	10,8	13,4	14,3	17,7	21,9
720	6,0	7,8	9,7	12,0	12,9	16,1	20,2
840	5,4	7,1	8,7	10,8	11,6	14,4	18,0
960	5,0	6,6	8,1	10,0	10,7	13,1	16,2
1080	4,6	6,2	7,5	9,2	9,8	11,9	14,4
1200	4,3	5,8	7,0	8,5	9,1	10,9	13,2
1320	4,0	5,4	6,5	7,9	8,4	10,1	12,1
1440	3,8	5,1	6,2	7,5	7,9	9,5	11,4

Para estimar a intensidade das chuvas com duração de até 120 minutos, obteve-se a equação:

$$i = \frac{6828,8T^{0,178}}{(t + 33,85)^{1,143}} \quad (7)$$

sendo: i a intensidade da chuva em mm/h; T o período de retorno em anos; t a duração da chuva em minutos.

Para chuva de duração entre 120 e 480 minutos, obteve-se a seguinte equação:

$$i = \frac{284,3T^{0,220}}{(t)^{0,578}} \quad (8)$$

Para chuvas de duração entre 8 horas (480 min) até 24 horas (1440 min) foi obtida a seguinte equação:

$$i = \frac{423,2T^{0,297}}{t^{0,678}} \quad (9)$$

O valor de b encontrado para as equações 8 e 9 foi igual a 0,0 (zero). Segundo Tucci (1993) e Fendrisch (1998) este valor representa uma constante arbitrária para obter por transformação logarítmica a reta que relaciona a intensidade da precipitação e a duração, sendo que normalmente varia entre 0 e 30.

Na Tabela 4 estão indicados os valores do erro padrão de estimativa e do coeficiente de determinação para cada período de retorno, que demonstram a boa qualidade obtida no ajuste das equações.

Tabela 4. Erro padrão de Estimativa (E_p) e coeficiente de determinação (R^2) para as equações ajustadas.

Duração (min)		Período de retorno –T (anos)						
		2	5	10	20	25	50	100
5 – 120	E_p	7,35	3,71	4,45	4,93	4,97	5,32	7,41
	R^2	0,9879	0,9942	0,9929	0,9906	0,9898	0,9875	0,9854
120 - 480	E_p	0,84	0,68	0,60	0,44	0,40	0,63	1,39
	R^2	0,9980	0,9988	0,9987	0,9973	0,9963	0,9905	0,9772
480 - 1440	E_p	0,05	0,12	0,12	0,11	0,13	0,28	0,58
	R^2	0,9997	0,9989	0,9989	0,9981	0,9975	0,994	0,9884

A relação entre a precipitação máxima em 24 horas e a precipitação máxima em um dia normalmente utilizada varia entre 1,10 e 1,14 (Tucci, 1993, Tomaz, 2002). Nas estações meteorológicas a chuva de um dia é sempre medida em um horário fixo, normalmente as 9:00 horas (12:00 horas de Greenwich), por sua vez, na rede de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas as leituras pluviométricas são realizadas as 07:00 horas. Neste estudo, foram verificadas as relações entre a chuva máxima em 24 horas e a chuva de um dia, contabilizada nos diferentes horas do dia (Figura 1). Essa relação varia com o período de retorno e com a hora da leitura da precipitação. Nos horários entre 12 e 20 horas, observa-se

que a relação é maior para as precipitações mais extremas (maior período de retorno) atingido um valor máximo no horário das 16 horas com relação variando de 1,11 para a chuva de período de retorno de 2 anos até 1,50 para a chuva de período de retorno de 100 anos, com média de 1,28. Nos horários entre 21 e 11 horas as menores relações são obtidas para as chuvas com maiores períodos de retorno. Essa variação pode ser explicada por serem as precipitações extremas decorrentes de processos convectivos, que por sua natureza, tendem a ocorrer mais no período da tarde, como observado no evento extremo de 249,7 mm em 24 horas registrado em Urussanga. Para a chuva coletada às 9 horas a relação variou entre 1,18, para período de retorno de 2 anos até 1,07, para período de retorno de 100 anos, com a média de 1,14. Analisando a relação dentro de cada período de retorno, observas-se que a média dessas relações nos diversos horários é de 1,14, coincidindo com a recomendação de Tucci (1993) e Tomaz (2002).

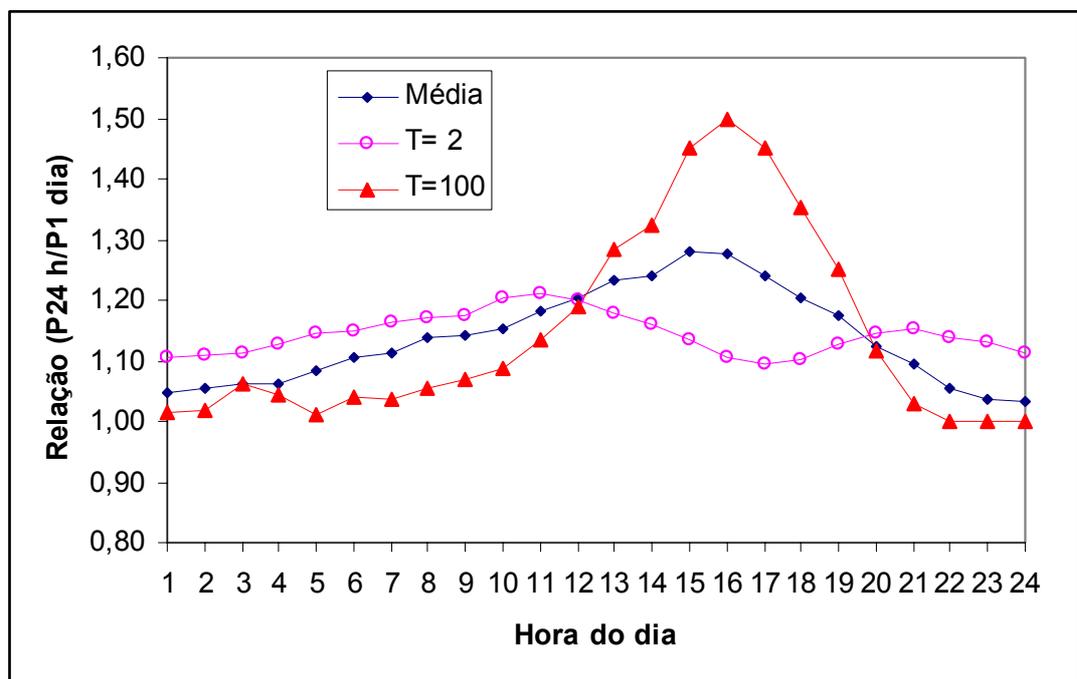


Figura 1. Variação diária da relação entre a precipitação máxima em 24 horas e a precipitação máxima de um dia.

As relações obtidas entre precipitações com duração inferior a uma hora (Tabela 5) apresentam-se muito próximas àquelas recomendadas pela Cetesb (1986), embora as relações entre chuvas com durações de 1, 6, 10 e 12 horas com a chuva de 24 horas de duração encontradas se mostraram inferiores as relações citadas pela Cetesb (1986). Essas diferenças podem ser devido ao evento extremo registrado em 24 horas tender a superestimar as chuvas de 24 horas e com isso diminuir as relações das chuvas com a duração de 24 horas.

Tabela 5. Relações entre precipitações de diferentes durações.

relações entre durações	T – Período de retorno (anos)								Cetesb (1986)
	2	5	10	20	25	50	100	média	
5min/30min	0,35	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29	0,29	0,31	0,34
10min/30min	0,56	0,50	0,48	0,46	0,46	0,45	0,44	0,48	0,54
15min/30min	0,74	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,68	0,70
20min/30min	0,86	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	0,81	0,81
25min/30min	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,91
30min/1 h	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,74
35min/1 h	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
40min/1 h	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	
45min/ 1h	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,94	
50min/1 h	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	
55min/1 h	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	
1 h/24 h	0,39	0,40	0,39	0,37	0,36	0,34	0,31	0,37	0,42
1,5 h/24 h	0,40	0,39	0,38	0,36	0,36	0,34	0,32	0,36	
2 h/24 h	0,42	0,41	0,40	0,38	0,38	0,36	0,34	0,38	
2,5h/24 h	0,44	0,43	0,41	0,40	0,39	0,37	0,36	0,40	
3 h/24 h	0,46	0,44	0,42	0,40	0,40	0,38	0,36	0,41	
4 h/24 h	0,50	0,48	0,46	0,43	0,42	0,40	0,37	0,44	
5 h/24 h	0,52	0,50	0,48	0,46	0,45	0,43	0,40	0,46	
6h /24 h	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,50	0,49	0,52	0,72
7 h/24 h	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,52	0,56	
8 h/24 h	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,60	0,61	
10 h/24 h	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,66	0,82
12 h/24 h	0,69	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	0,73	0,70	0,85
14 h/24 h	0,74	0,72	0,73	0,75	0,75	0,77	0,80	0,75	
16 h/24 h	0,78	0,77	0,78	0,81	0,81	0,85	0,89	0,81	
18 h/24 h	0,82	0,81	0,82	0,84	0,85	0,89	0,92	0,85	
20 h/24 h	0,87	0,86	0,87	0,89	0,90	0,92	0,95	0,90	
22 h/24 h	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,92	
24 h/ 1 dia	1,18	1,19	1,17	1,15	1,14	1,11	1,07	1,14	1,14

6 CONCLUSÕES

1. A distribuição de extremos tipo I forneceu melhor estimativa dos valores de chuvas intensas para durações de até 1 hora, e a distribuição Log Pearson tipo III forneceu melhor estimativa para durações superiores a 1 hora;
2. Para a chuva com duração de 5 a 120 minutos foram ajustado os parâmetros da equação de chuvas intensas $K = 6828,8$; $m = 0,178$; $b = 33,85$ e $n = 1,143$, com erro padrão de estimativa variando de 3,71 mm a 7,41 mm para período de retorno entre 2 e 100 ano;
3. Para a chuva com duração de 120 a 480 minutos foram ajustado os parâmetros da equação de chuvas intensas $K = 284,3$; $m = 0,220$; $b = 0,0$ e $n = 0,578$, com erro

- padrão de estimativa variando de 0,40 mm a 1,39 mm para período de retorno entre 2 e 100 ano;
4. Para a chuva com duração de 480 a 1440 minutos foram ajustado os parâmetros da equação de chuvas intensas $K = 423,23$; $m = 0,297$; $b = 0,0$ e $n = 0,678$, com erro padrão de estimativa variando de 0,05 mm a 0,58 mm para período de retorno entre 2 e 100 ano;
 5. A relação entre a chuva máxima em 24 horas e a chuva de um dia depende do horário da coleta da chuva diária e do período de retorno, tendo em média o valor 1,14;
 6. As relações entre chuvas de diferentes durações obtidas para Urussanga estão muito próximas daquelas estimativas recomendadas na literatura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A. J. Seleção de distribuição de probabilidades para chuvas diárias extremas do Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 16, n. 2, p. 211-222, 2001.

BACK, A. J. *Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial de no Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. 65 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB. *Drenagem urbana: manual de projeto*. 3. ed. São Paulo, 1986. 464 p.

ELTZ, F. L.; REICHERT, J. M.; CASSOL, E. A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 16, p. 265-269, 1992.

FENDRISCH, R. *Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná*. Curitiba: Champagnat, 1998. 99 p.

KITE, G. W. *Frequency and risk analyses in hydrology*. Fort Collin., Water Resources, 1978. 224 p.

PINTO, F. A. *Chuvas intensas no Estado de Minas Gerais: análises e modelos*. 1995. 87 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

REICH, B. M. Short-duration rainfall-intensity estimates and other design aids for regions of sparse data. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 1, p. 3-28, 1963.

SEVRUK, B.; GEIGER, H. *Selection of distribution types for extremes of precipitation*. Geneva: World Meteorological Organization, 1981. 65 p.

TRENT, R. E.; DICKERSON, W. H. *Storm characteristic and rainfall intensity in West Virginia*. Morgantown: West Virginia University, 1976. 60 p.

TOMAZ, P. *Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais*. São Paulo: Navegar, 2002. 475 p.

TUCCI, C. E. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1993. 943 p.