



Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará

Rodrigo O. R. de M. Souza¹, Paulo H. M. Scaramussa¹, Marcos A. C. M. do Amaral²,
J. A. Pereira Neto¹, Alexandre V. Pantoja¹ & Luis W. R. Sadeck³

RESUMO

As equações de chuvas intensas têm sido usadas como ferramenta importante para o dimensionamento de obras hidráulicas. Devido à grande carência de informações relativas às equações de chuvas intensas, o presente trabalho teve como objetivo a obtenção das relações de intensidade, duração e frequência de precipitação pluvial para o Estado do Pará, utilizando-se a metodologia da desagregação da chuva de 24 h. Foram utilizadas séries históricas de dados pluviométricos de 74 cidades do Estado do Pará, obtidas no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas-ANA. As equações de intensidade-duração-frequência foram devidamente ajustadas e apresentaram bom ajuste, com coeficientes de determinação acima de 0,99. A maioria das estações (51,4%) apresentou intensidade de precipitação entre 90 e 110 mm h⁻¹, para uma duração de chuva de 30 min e um tempo de retorno de 15 anos. Pode-se perceber uma concentração das maiores precipitações na região próxima ao litoral do nordeste paraense e no sudeste da Ilha do Marajó.

Palavras-chave: precipitação, desagregação da chuva de 24 h, intensidade-duração-frequência, hidrologia

Intense rainfall equations for the State of Pará, Brazil

ABSTRACT

The intense rainfall equations have been used as an important tool for design of hydraulic structures. Considering the lack of intense rainfall equations, this study aimed to determine the relations of intensity, duration and frequency of intense rainfall in the Pará State (Brazil), using the one-day rain disaggregation method. In this research rainfall data of 74 cities in the State of Pará were used, obtained from the Hydrological Information System of the National Water Agency-ANA. The equations of intensity-duration-frequency were adjusted and presented good adjustment with coefficients of determination above 0.99. Most stations (51.4%) showed intensity of precipitation between 90 and 110 mm h⁻¹ for duration of 30 min and rainfall return period of 15 years. The highest rainfall intensities were in the region near the northeast coast of Pará State and southeast of the Marajo Island.

Key words: rain, one-day rain disaggregation, intensity-duration-frequency, hydrology

¹ UFRA/ICA. Av. Pres. Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, CEP 66077-530, Belém, PA. Fone: (91) 3210-5153. E-mail: rmelosouza@hotmail.com; ph_scaramussa@hotmail.com; joaupene@gmail.com; ale_ceara@hotmail.com

² Mestrando, ESALQ/USP. Fone: (19) 3447-8549. E-mail: marcos.esalq@hotmail.com

³ INPE/CRA, Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá. Av. Perimetral, 2651, CEP 66077-830, Belém, PA. Fone: (91) 3032-5156. E-mail: luissadeck_w@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Devido ao histórico de ocupação agrícola do estado do Pará muitas bacias hidrográficas estão em processo de degradação. Entretanto, poucas são as informações técnicas sobre as características climáticas e físico-hídricas dos solos dessas regiões, que possam contribuir para a redução da degradação.

No planejamento do uso da água e do solo é indispensável dispor de informações relacionadas às variáveis climáticas, tal como as chuvas intensas. A caracterização da variabilidade temporal das chuvas intensas ao longo de sua duração é imprescindível para quantificar adequadamente os efeitos ocasionados no escoamento superficial em áreas urbanas e rurais (Silva & Clarke, 2004).

As equações de chuvas intensas têm sido usadas como ferramenta importante para a elaboração de projetos de obras hidráulicas, como dimensionamento de vertedores, retificação de cursos d'água, galerias de águas pluviais, bueiros, sistemas de drenagem agrícola, urbana e rodoviária (Beijo et al., 2003; Mello et al., 2008; Oliveira et al., 2008a).

As chuvas intensas são caracterizadas por suas intensidade (I), duração (D) e frequência (F) de ocorrência, podendo ser representadas por equações denominadas IDF. Para a obtenção dessas equações são necessários dados pluviográficos e, segundo Genovez & Zuffo (2000), apresentam validade regional. Santos et al. (2009) também confirmam o caráter local das equações de IDF e acrescentam a importância da utilização de séries longas de dados observados para a estimativa mais eficiente das equações.

A determinação das equações IDF por meio de dados pluviográficos apresenta grande dificuldade em razão da baixa densidade de pontos de coleta e do pequeno período de observações normalmente disponíveis.

Por esta razão, em algumas regiões poucos trabalhos têm sido realizados com tal finalidade ocasionando grande entrave na realização de projetos de obras hidráulicas mais confiáveis e econômicos.

O trabalho clássico de estudos da relação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) da precipitação pluvial no Brasil foi publicado por Pfafstetter (1957) para 98 localidades, com base em dados dos postos do serviço de meteorologia do Ministério da Agricultura. Outros trabalhos de determinação de equações de IDF foram de: Pinto et al. (1999) e Mello et al. (2003) para o Estado de Minas Gerais; Silva et al. (2003), para o estado do Tocantins; Oliveira et al. (2005, 2008b), para o estado de Goiás e Distrito Federal; Silva et al. (1999) para o estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo, Back (2009) para Urussanga, SC, e Longo et al. (2006) para Cascavel, PR.

O estado do Pará caracteriza-se pela carência de dados pluviográficos, o que justifica a falta de dados bibliográficos sobre equações de chuvas intensas no Estado. Uma alternativa para a estimativa dessas equações seria a utilização de dados pluviométricos, visto que o Estado possui grande número de pluviômetros.

Algumas metodologias foram desenvolvidas no Brasil com vista à obtenção de chuvas de menor duração a partir de registros pluviométricos diários devido à existência no território

nacional de vasta rede pluviométrica. Tais metodologias empregam coeficientes para transformar chuva de 24 h, em chuvas de menor duração, dentre as quais estão a das isozonas e a da desagregação da chuva de 24 h.

Damé et al. (2008) realizaram uma comparação entre diferentes metodologias para estimativa de curvas IDF. Dentre as metodologias estudadas a de desagregação de chuvas de 24 h com os coeficientes propostos pelo DAEE-CETESB (1980) foi a que melhor representou as intensidades máximas de precipitação.

Robaina (1996) avaliou a técnica da desagregação de chuvas de 24 h para 32 localidades do estado do Rio Grande do Sul e recomenda o uso da metodologia em localidades onde não há disponibilidade de registros pluviográficos.

Devido à grande carência de informações relativas às equações de chuvas intensas no Estado do Pará, o presente trabalho teve como objetivo a obtenção das relações de intensidade, duração e frequência de chuvas intensas para 74 estações pluviométricas do Estado, através da metodologia da desagregação da chuva de 24 h.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas séries históricas de dados pluviométricos do estado do Pará, com no mínimo 10 anos de registro. Os dados foram obtidos no Sistema de Informação Hidrológica da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), perfazendo 74 estações pluviométricas (Figura 1). Para cada estação foram elaboradas as séries históricas dos valores máximos anuais de precipitações diárias.

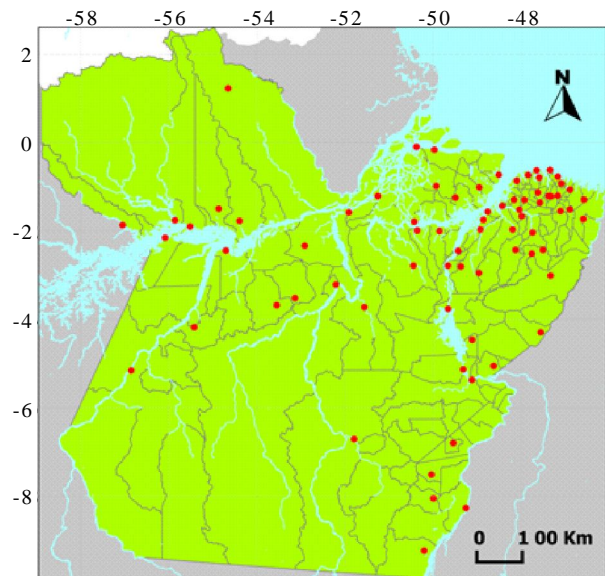


Figura 1. Localização das estações pluviométricas no Estado do Pará

O banco de dados da ANA utiliza informações de diferentes fontes: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará (SEMA). A partir deste banco de dados

foram obtidos os valores máximos anuais de precipitação diária.

Os dados de precipitação máxima foram ajustados ao modelo de distribuição de Gumbel. Após a verificação da aderência dos dados à distribuição de Gumbel para cada série de duração de chuva realizaram-se as estimativas das chuvas máximas para períodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos. A análise de aderência da distribuição de Gumbel foi feita pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

As distribuições de valores extremos de grandezas hidrológicas se ajustam satisfatoriamente à distribuição de Gumbel, empregada neste trabalho. Segundo Silva et al. (2002) o modelo de Gumbel foi o que apresentou melhor ajuste aos dados de intensidades máximas médias de precipitação pluvial pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a 20% de probabilidade para todas as durações estudadas.

O modelo de distribuição de probabilidades de Gumbel foi utilizado para o cálculo anual das precipitações máximas diárias por meio da seguinte sequência de equações, conforme Pinto (1995) (Eqs. 1, 2 e 3):

$$Y_{TR} = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right] \quad (1)$$

$$K_{TR} = -0,45 + 0,78 \times Y_{TR} \quad (2)$$

$$X_{TR} = \bar{X} + K_{TR} \times S \quad (3)$$

em que:

Y_{TR} - variável reduzida da distribuição de Gumbel

TR - período de retorno, anos

X_{TR} - precipitação máxima diária para determinado TR, mm

K_{TR} - fator de frequência, adimensional

X e S - média da precipitação máxima diária, mm, e o desvio-padrão dos dados de precipitação máxima diária, mm

Para o ajuste das equações de chuvas intensas foram utilizadas chuvas de diferentes durações. As precipitações máximas diárias obtidas para diferentes tempos de retorno foram desagregadas em chuvas com duração menor.

A desagregação da chuva de um dia em chuvas de menor duração foi obtida pela metodologia proposta pelo DAEE-CETESB (1980). As durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 min foram utilizadas pelo emprego dos coeficientes multiplicativos, apresentados na Tabela 1 permitindo, desta forma, a geração de pontos suficientes para definir as

Tabela 1. Coeficiente de desagregação da chuva de 24 h de duração

Duração	Coefficientes	Duração	Coefficientes
24 h 24 h ⁻¹	1,14	30 min h ⁻¹	0,74
12 h 24 h ⁻¹	0,85	25 min 0,5 h ⁻¹	0,91
10 h 24 h ⁻¹	0,82	20 min 0,5 h ⁻¹	0,81
8 h 24 h ⁻¹	0,78	15 min 0,5 h ⁻¹	0,70
6 h 24 h ⁻¹	0,72	10 min 0,5 h ⁻¹	0,54
1 h 24 h ⁻¹	0,42	5 min 0,5 h ⁻¹	0,34

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

curvas de intensidade-duração referentes a diferentes períodos de retorno.

Com os valores obtidos de chuvas máximas para diferentes durações e tempos de retorno, estimaram-se os parâmetros da equação que expressa a relação IDF (Eq. 4), para cada estação observada.

$$I = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c} \quad (4)$$

em que:

I - intensidade de precipitação, mm h⁻¹

TR - período de retorno, anos

t - tempo de duração da chuva, min

K, a, b, c - constantes

Os ajustes das equações de intensidade de precipitação foram realizados no software Table Curve 3D.

Para a avaliação da distribuição espacial da intensidade de precipitação a mesma foi calculada considerando-se um tempo de retorno de 15 anos e duração de 30 min com as equações ajustadas de cada estação. Os dados foram espacializados no mapa do Pará com o software TerraView. A estimativa foi realizada para apenas uma duração de chuva e um tempo de retorno, pois não haveria mudanças espaciais representativas dos mapas para as diferentes durações.

Ressalta-se que a escolha do tempo de retorno para o dimensionamento de uma obra hidráulica está relacionada com a vida útil da obra, o tipo de estrutura, a facilidade de reparos e o perigo oferecido à vida humana. A escolha da duração da chuva em projetos de drenagem e barragens de terra está relacionada com o tempo de concentração da bacia de contribuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As 74 séries históricas de precipitação diária máxima anual utilizadas neste trabalho apresentaram duração média de 24 anos. A média das maiores chuvas de cada estação foi de 169,3 mm.

A estação do município de Soure possui a série histórica com maior média (150,1 mm) e a estação do município de Chaves possui a menor média (67,1 mm). A série histórica de 43 anos da estação de Belém apresentou o valor máximo de 136,9 mm (março de 1985) com média de 89,3 mm e desvio padrão de 20 mm.

Para todos os municípios trabalhados o modelo de distribuição de Gumbel mostrou-se adequado para representar as estimativas dos valores de precipitação máxima.

Na Tabela 2 pode-se observar os parâmetros ajustados das equações de IDF, relativos às 74 estações pluviométricas no Estado do Pará identificadas pelos municípios onde estão instaladas. Para todas elas se verificam ajustes adequados, com valores R² acima de 0,99.

Santos et al. (2009) e Silva et al. (2003) realizaram trabalhos semelhantes para o Estado de Mato Grosso do Sul e Tocantins obtendo, respectivamente, coeficientes de determinação médios de 0,99 e 0,98.

Tabela 2. Coeficientes “K”, “a”, “b” e “c” das equações de chuvas intensas ajustadas para várias localidades do Estado do Pará e respectivos coeficientes de determinação (R²) e duração das séries históricas

Município	K	a	b	c	R ²	Séries Históricas (anos)
Abaetetuba	1086,3999	0,1193	9,7855	0,7242	0,9957	29
Acará	1153,9489	0,0973	9,7945	0,7244	0,9978	27
Afuá	688,6278	0,0505	9,8028	0,7247	0,9995	10
Alenquer	952,4028	0,1078	9,7929	0,7244	0,9969	34
Almeirim	1031,0537	0,1095	9,7988	0,7245	0,9968	30
Altamira	1204,0580	0,1152	9,7894	0,7243	0,9961	28
Anajás	1148,3197	0,1266	9,7913	0,7244	0,9947	11
Augusto Corrêa	1109,8761	0,1056	9,7878	0,7242	0,9971	24
Aurora do Pará	1130,3284	0,1175	9,7859	0,7242	0,9959	22
Aveiro	1003,1550	0,0930	9,7925	0,7244	0,9981	29
Bagre	1283,2098	0,1280	9,7886	0,7242	0,9945	25
Baião	1268,3666	0,1114	9,7940	0,7244	0,9966	18
Barcarena	1007,3605	0,1070	9,7931	0,7243	0,9970	23
Belém	960,5846	0,0954	9,7993	0,7245	0,9979	43
Bom Jesus do Tocantins	1036,5976	0,1017	9,7840	0,7242	0,9974	11
Bragança	1206,4232	0,1087	9,7844	0,7242	0,9968	19
Breves	843,3295	0,0985	9,7958	0,7244	0,9977	21
Bujaru	815,3742	0,0920	9,7957	0,7243	0,9981	16
Cametá	1216,6448	0,0951	9,7918	0,7244	0,9979	21
Capanema	1136,7892	0,1163	9,7866	0,7242	0,9960	43
Castanhal	1216,7335	0,1266	9,7886	0,7243	0,9947	31
Chaves	763,3059	0,1115	9,7930	0,7244	0,9965	11
Conceição do Araguaia	865,9467	0,0959	9,7969	0,7246	0,9979	29
Curuçá	1399,1103	0,0997	9,7918	0,7243	0,9976	27
Dom Eliseu	1128,4211	0,1059	9,8007	0,7246	0,9971	27
Faro	1038,5272	0,1038	9,7916	0,7244	0,9973	20
Gurupá	896,3305	0,1096	9,7851	0,7243	0,9967	18
Igarapé-Açu	1131,1570	0,1121	9,7860	0,7242	0,9965	29
Igarapé-Miri	1008,3703	0,0948	9,7850	0,7242	0,9980	13
Ipixuna do Pará	1106,1890	0,1000	9,7919	0,7244	0,9976	24
Irituia	1040,6804	0,1144	9,7933	0,7243	0,9962	28
Itaituba	1073,2685	0,1317	9,7851	0,7242	0,9939	30
Itupiranga	1242,7328	0,1111	9,7853	0,7242	0,9966	15
Jacundá	1192,2027	0,0809	9,7905	0,7243	0,9987	16
Juruti	1292,2966	0,1073	9,8015	0,7245	0,9970	26
Magalhães Barata	1248,4018	0,1134	9,7921	0,7244	0,9963	15
Marabá	1242,9246	0,1057	9,7849	0,7242	0,9971	20
Marapanim	1453,3908	0,1225	9,7927	0,7244	0,9953	17
Medicilândia	1065,0031	0,0930	9,7887	0,7243	0,9981	13
Melgaço	886,3028	0,0921	9,7834	0,7241	0,9981	18
Mocajuba	1151,4508	0,0960	9,7964	0,7244	0,9979	15
Moju	1162,7321	0,1023	9,7929	0,7244	0,9974	28
Monte Alegre	999,0226	0,1130	9,7838	0,7241	0,9964	36
Nova Timboteua	859,0256	0,1017	9,7875	0,7243	0,9974	15
Óbidos	990,8133	0,1103	9,7782	0,7241	0,9967	53
Oeiras do Pará	1029,6561	0,0936	9,7975	0,7244	0,9980	21
Oriximiná	1111,7396	0,1063	9,7954	0,7244	0,9970	39
Ourém	887,0707	0,1055	9,7948	0,7245	0,9971	20
Paragominas	1125,9005	0,1232	9,7922	0,7244	0,9952	24
Ponta de Pedras	1211,6537	0,1042	9,7930	0,7244	0,9972	11
Portel	1112,9052	0,0998	9,7830	0,7241	0,9976	33
Porto de Moz	1137,9609	0,1287	9,7963	0,7244	0,9944	23
Praíha	978,4673	0,1110	9,7883	0,7244	0,9966	29
Primavera	1164,6366	0,0863	9,7956	0,7244	0,9985	28
Redenção	1156,4648	0,1038	9,7910	0,7243	0,9973	26
Rio Maria	1085,4709	0,0831	9,7952	0,7244	0,9986	13
Salinópolis	1474,9764	0,0903	9,7870	0,7243	0,9983	32
Santa Cruz do Arari	968,3271	0,1032	9,7880	0,7242	0,9973	11
Santa Isabel do Pará	1088,7772	0,1227	9,7854	0,7243	0,9953	29
Santa Luzia do Pará	956,0860	0,1176	9,7877	0,7241	0,9959	16
Santa Maria do Pará	1292,0533	0,1480	9,7904	0,7243	0,9911	19
Santana do Araguaia	864,5309	0,1047	9,7907	0,7244	0,9972	23
Santarém	1310,4147	0,1064	9,7941	0,7244	0,9970	41

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 2

Município	K	a	b	c	R ²	Séries Históricas (anos)
São Domingos do Capim	1068,8693	0,1055	9,7942	0,7244	0,9971	34
São Felix do Xingu	1030,0221	0,1094	9,7970	0,7244	0,9968	24
São João de Pirabas	1428,9522	0,1109	9,7935	0,7244	0,9966	21
Senador José Porfírio	1243,2061	0,1198	9,7828	0,7241	0,9956	15
Soure	1648,2807	0,1024	9,7886	0,7243	0,9974	38
Tailândia	1089,9101	0,1157	9,7896	0,7243	0,9961	16
Tomé-Açu	1038,3348	0,0833	9,7931	0,7244	0,9986	25
Tucuruí	1264,6709	0,1012	9,7852	0,7242	0,9975	23
Vigia	1071,4102	0,0921	9,7815	0,7241	0,9981	28
Viseu	873,5618	0,0928	9,7850	0,7242	0,9981	33
Xinguara	1023,8456	0,1081	9,7965	0,7244	0,9969	26

Dentre as constantes ajustadas do modelo o “K” foi a que apresentou maior variação: de 688,63 (Afuá) a 1.648,28 (Soure). Esses resultados indicam variação das intensidades de precipitação esperadas para diferentes regiões do Estado. Para o parâmetro “a”, a variação observada foi de 0,0505 a 0,1480, para Afuá e Santa Maria do Pará, respectivamente. Os parâmetros “b” e “c” apresentaram valores próximos da média de 9,79 e 0,72, respectivamente.

Na Tabela 3 pode-se observar as intensidades de precipitação estimadas com as equações dos municípios, para um tempo de retorno de 15 anos e duração de 30 min.

A estação do município Soure apresentou a maior intensidade de precipitação (150,9 mm h⁻¹) e a de Afuá a menor (54,7 mm h⁻¹). Na Figura 2 pode-se observar a distribuição espacial das precipitações estimadas no Estado do Pará.

Dentre as estações com maiores intensidades a maioria está concentrada na região próxima ao litoral do nordeste paraense (Marapanim, Castanhal, Santa Maria do Pará, Salinópolis, Curuçá e São João de Pirabas). Na Ilha de Marajó a estação do

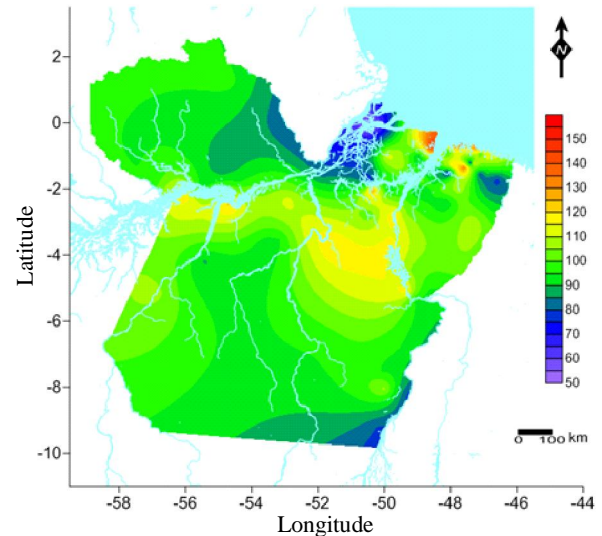


Figura 2. Distribuição espacial das intensidades de precipitação (mm h⁻¹) com duração de 30 min e tempo de retorno de 15 anos para o Estado do Pará

Tabela 3. Intensidade de precipitação para uma duração de 30 min e um tempo de retorno de 15 anos para várias localidades do Estado do Pará

Município	I (mm h ⁻¹)	Município	I (mm h ⁻¹)	Município	I (mm h ⁻¹)
Abaetetuba	104,2	Faro	95,4	Portel	101,3
Acará	104,2	Gurupá	83,7	Porto de Moz	111,8
Afuá	54,7	Igarapé-Açu	106,4	Praíha	91,7
Alenquer	88,5	Igarapé-Miri	90,5	Primavera	102,0
Almeirim	96,2	Ipixuna do Pará	100,6	Redenção	106,3
Altamira	114,1	Irituia	98,4	Rio Maria	94,3
Anajás	112,2	Itaituba	106,4	Salinópolis	130,7
Augusto Corrêa	102,5	Itupiranga	116,6	Santa Cruz do Arari	88,9
Aurora do Pará	107,9	Jacundá	103,0	Santa Isabel do Pará	105,3
Aveiro	89,5	Juruti	119,8	Santa Luzia do Pará	91,3
Bagre	126,0	Magalhães Barata	117,7	Santa Maria do Pará	133,9
Baião	118,9	Marabá	114,9	Santana do Araguaia	79,6
Barcarena	93,4	Marapanim	140,5	Santarém	121,2
Belém	86,2	Medicilândia	95,1	São Domingos do Capim	98,6
Bom Jesus do Tocantins	94,8	Melgaço	79,0	São Felix do Xingu	96,1
Bragança	112,4	Mocajuba	103,6	São João de Pirabas	133,8
Breves	76,4	Moju	106,4	Senados José Porfírio	119,4
Bujaru	72,6	Monte Alegre	94,2	Soure	150,9
Cametá	109,2	Nova Timboteua	78,5	Tailândia	103,5
Capanema	108,1	Óbidos	92,8	Tomé-Açu	90,2
Castanhal	119,0	Oeiras do Pará	92,0	Tucuruí	115,5
Chaves	71,6	Oriximiná	102,8	Vigia	95,5
Conceição do Araguaia	77,8	Ourém	81,8	Viseu	78,0
Curuçá	127,2	Paragominas	109,0	Xinguara	95,2
Dom Eliseu	104,2	Ponta de Pedras	111,4		

município de Soure também apresentou elevado valor de intensidade de precipitação, o que se justifica pela proximidade do litoral e da costa do nordeste paraense.

A configuração espacial da zona de baixa pressão da linha do Equador proporciona os ventos alísios, responsáveis por transportar umidade das zonas tropicais para a zona equatorial, provocando chuvas nesta região.

As menores precipitações ficaram concentradas no noroeste da Ilha de Marajó (Melgaço, Breves, Chaves e Afuá) e na fronteira com o estado do Tocantins (Santana do Araguaia e Conceição do Araguaia).

Na Figura 3 observa-se a distribuição de frequência das estações conforme a intensidade de precipitação com duração de 30 min e tempo de retorno de 15 anos. A maioria das estações (51,4%) apresentou intensidades entre 90 e 110 mm h⁻¹.

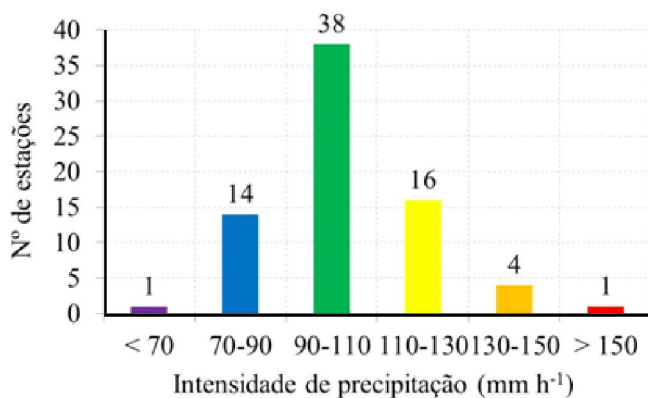


Figura 3. Distribuição de frequência das estações pluviométricas, conforme a intensidade de precipitação para o Estado do Pará

Em trabalhos realizados em outros estados considerando a mesma duração e tempo de retorno, os maiores valores obtidos de intensidade de precipitação foram: 119,5 mm h⁻¹ em Argoim, BA (Silva et al., 2002); 170,7 mm h⁻¹ em Cuiabá, MS (Santos et al., 2009); 181,9 mm h⁻¹ em Córrego do Ouro, GO (Oliveira et al., 2005) e 139,5 mm h⁻¹ em Alvorada, TO (Silva et al., 2003).

Pela distribuição espacial das estações utilizadas neste trabalho pode-se notar elevada concentração de estações na região do nordeste paraense, o que indica a necessidade de aumento do número de estações nas outras regiões.

As diferenças observadas entre as intensidades de precipitação contribuem para reforçar a necessidade de obtenção de equações de chuvas intensas para cada localidade de interesse. Uma das formas de minimizar as imprecisões na estimativa da intensidade de precipitação é aumentar cada vez mais o número de localidades estudadas.

CONCLUSÕES

1. As equações de chuvas intensas foram ajustadas para 74 estações pluviométricas do Estado do Pará, com valores de coeficiente de determinação acima de 0,99. Ocorreu uma variabilidade dos valores de intensidade de precipitação pluvial,

para uma mesma duração, entre os diferentes municípios estudados.

2. A maioria das estações (51,4%) apresentou intensidade de precipitação entre 90 e 110 mm h⁻¹, para uma duração de chuva de 30 min e um período de retorno de 15 anos.

LITERATURA CITADA

- ANA - Agência Nacional das Águas. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. <http://hidroweb.ana.gov.br>. 15 Jul. 2011.
- Back, A. J. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.170-175, 2009.
- Beijo, L. A.; Muniz, J. A.; Volpe, C. A.; Pereira, G. T. Estudo da precipitação máxima em Jaboticabal, SP, pela distribuição de Gumbel utilizando dois métodos de estimação dos parâmetros. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, p.141-147, 2003.
- DAEE/CETESB. Departamento de Água e Energia Elétrica- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Drenagem urbana: Manual de projeto*. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980.466p.
- Damé, R. C. F.; Teixeira, C. F. A.; Terra, V. S. S. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas-RS. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.245-255, 2008.
- Genovez, A. M.; Zuffo, A. C. Chuvas intensas no Estado de São Paulo: Estudos existentes e análise comparativa. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.5, p.45-58, 2000.
- Longo, A. J.; Sampaio, S. C.; Suszek, M. Equação de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel, PR. *Revista Varia Scientia*, v.6, p.119-127, 2006.
- Mello, C. R.; Silva, A. M.; Lima, J. M.; Ferreira, D. F.; Oliveira, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.121-128, 2003.
- Mello, C. R.; Viola, M. R.; Mello, J. M.; Silva, A. M. Continuidade espacial de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.532-539, 2008.
- Oliveira, L. F. C.; Antonini, A. A.; Griebeler, N. P. Estimativa de chuvas intensas para o Estado de Goiás. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.22-33, 2008a.
- Oliveira, L. F. C.; Antonini, J. C. A.; Fioreze, A. P.; Silva, M. A. S. Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.620-625, 2008b.
- Oliveira, L. F. C.; Cortês, F. C.; Wehr, T. R.; Borges, L. B.; Sarmiento, P. H. P.; Griebeler, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para algumas localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.35, p.13-18, 2005.
- Pfaffstetter, O. *Chuvas intensas no Brasil*. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas; DNOS, 1957. 420p.
- Pinto, F. A. *Chuvas intensas no estado de Minas Gerais: análises e modelos*. Viçosa: UFV, 1995. 87p. Tese Doutorado

- Pinto, F. A.; Ferreira, P. A.; Pruski, F. F.; Alves, A. R.; Cecon, P. R. Equações de chuvas intensas para algumas localidades do Estado de Minas Gerais. *Engenharia Agrícola*, v.16, p.91-104, 1999.
- Robaina, A. D. Modelo para geração de chuvas intensas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.4, p.95-98, 1996.
- Santos, G. G.; Figueiredo, C. C.; Oliveira, L. F. C.; Griebeler, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.899-905, 2009.
- Silva, B. C.; Clarke, R. T. Análise estatística de chuvas intensas na Bacia do Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, p.265-272, 2004.
- Silva, D. D.; Gomes Filho, R. R.; Pruski, F. F.; Pereira, S. B.; Novaes, L. F. Chuvas intensas para o Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.362-367, 2002.
- Silva, D. D.; Pereira, S. B.; Pruski, F. F.; Gomes Filho, R. R.; Lana, A. M. Q.; Baena, L. G. N. Equações de Intensidade-Duração-Frequência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. *Engenharia na Agricultura*, v.11, p.7-14, 2003.
- Silva, D. D.; Pinto, F. R. L. P.; Pruski, F. F.; Pinto, F. A. Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. *Revista de Engenharia Agrícola*, v.18, p.11-21, 1999.