

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Amazonas
Município: Iranduba
Estação Pluviométrica: Manacapuru
Código ANA: 00360001

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2015

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A
DESASTRES**

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Iranduba/AM

**Estação Pluviométrica: Manacapuru
Código: 00360001**

**Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto**

**PORTO ALEGRE
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência de Porto Alegre

Copyright © 2015 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: (51) 3406-7300
Fax: (51) 3233-7772
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Iranduba/AM. Estação Pluviométrica: Manacapuru, Código 00360001. Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO

Carlos Eduardo de Souza Braga

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Pereira Zimmermann

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS SERVIÇO
GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Carlos Nogueira da Costa Junior

Vice-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Conselheiros

Ladice Peixoto

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Thales de Queiroz Sampaio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Roberto Ventura Santos

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Eduardo Santa Helena

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

José Leonardo Silva Andriotti
Superintendente

Marcos Alexandre de Freitas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Alexandre Goulart
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial

Cássio Roberto da Silva

Divisão de Hidrologia Aplicada

Achiles Eduardo Guerra Castro Monteiro

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Sandra Fernandes da Silva

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

Andressa Macêdo Silva de Azambuja-Sureg/BE

José Alexandre Moreira Farias-REFO

Karine Pickbrenner-Sureg/PA

Equipe Executora

Adriana Burin Weschenfelder - Sureg/PA

Albert Teixeira Cardoso – Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/ SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Oswalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento-Sureg/BH

Apoio Técnico

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Betânia Rodrigues dos Santos– Sureg/GO

Celina Monteiro - Sureg/BE

Danielle Cutolo - Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar - Sureg/SP

Eliamara Soares Silva– RETE

Priscila Nishihara Leo - Sureg/SP

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres 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 pluviógrafos ou estações automáticas.

Entretanto, em localidades nas quais existem somente pluviômetros, ou seja, não existem registros contínuos das precipitações, obtidos com pluviógrafos ou estações automáticas, as relações IDF serão estabelecidas a partir da desagregação das precipitações máximas diárias.

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 movimentos de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida por Cappozoli *et al.* (2015), onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Manacapuru, código 00360001, localizada no município de Manacapuru, que faz divisa com Iranduba.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida por Cappozoli *et al.* (2015) para o município de Manacapuru/MA pode ser utilizada no município de Iranduba/MA.

O município de Iranduba está localizado na região nordeste do estado do Amazonas, na margem esquerda do rio Solimões, 43 km a montante da confluência com o rio Negro, na capital Manaus. O município faz fronteira com os municípios de Manaus, Manacapuru, Careiro da Varzea, Manaquiri e Novo Airão. Possui uma área de 2.214,3 km² (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 50 metros do nível do mar. Iranduba apresenta uma população de 40.781 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Manacapuru, código 00360001, está localizada no município de Manacapuru, na Latitude 03°18'30"S e Longitude 60°36'34"O, distante 47 km da sede municipal de Iranduba. Está inserida na bacia do Rio Amazonas, mais especificamente na sub-bacia 14, sub-bacia dos rios Solimões, Negro e Branco, na margem esquerda do rio Solimões, aproximadamente a 90 km a montante de Manaus. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1972, sendo operada pela CPRM. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo padrão DNAEE. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

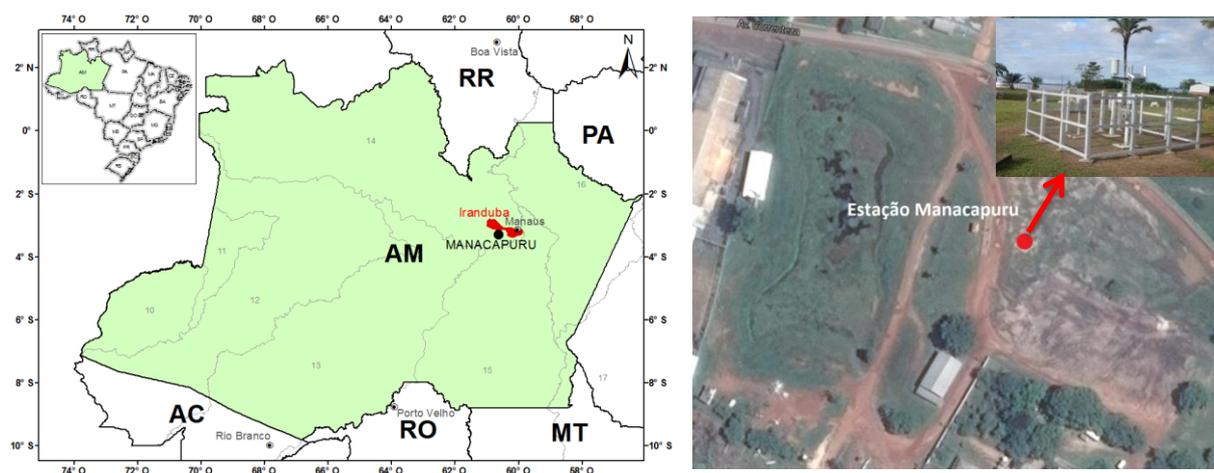


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2015)

2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da Estação Manacapuru, código 00360001, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1957) para o município de Manaus, distante aproximadamente 70 km do município de Manacapuru. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

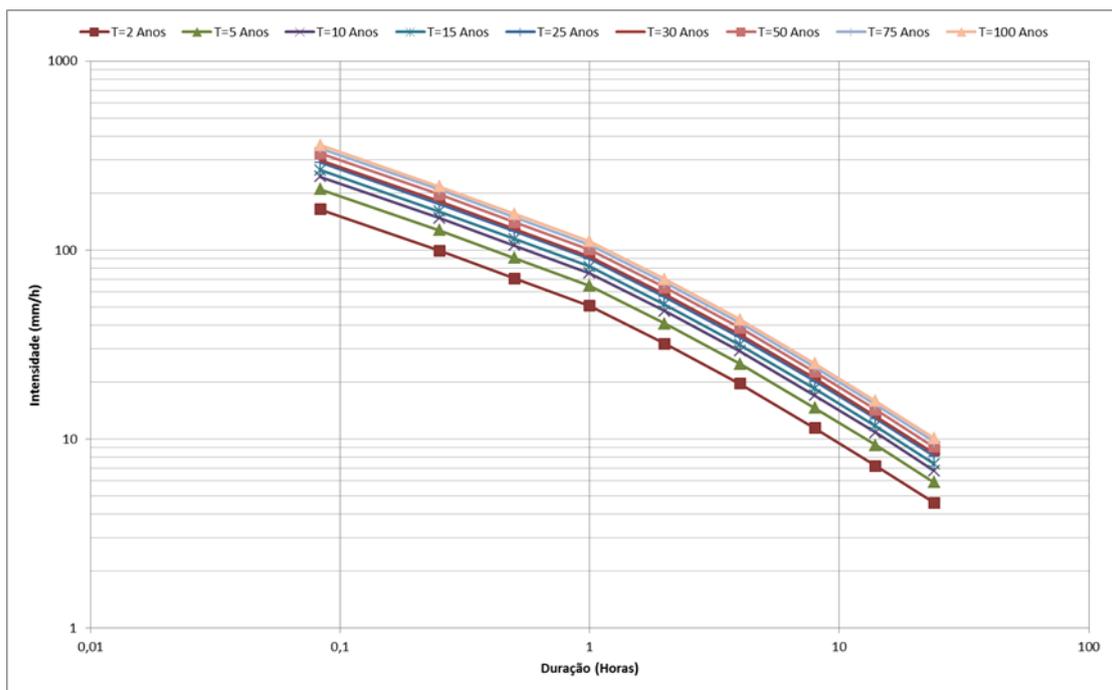


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

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

No caso de Manacapuru, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5 \text{ min} \leq t \leq 1 \text{ h}$$

$$a = 9,5287; b = 24,5166; c = 12,7778; d = 32,9445 \text{ e } \delta = 19,4$$

$$i = \{[(9,5287 \ln(T) + 24,5166) \cdot \ln(t + (19,4/60))] + 12,7778 \ln(T) + 32,9445\} / t \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$1 \text{ h} < t \leq 24 \text{ h}$$

$$a = 5,7786; b = 14,9376; c = 15,5855; d = 40,2234 \text{ e } \delta = 0,5$$

$$i = \{[(5,7786 \ln(T) + 14,9376) \cdot \ln(t + (0,5/60))] + 15,5855 \ln(T) + 40,2234\} / t \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de até 100 anos. A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 02 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h.

Duração da Chuva	Tempo de retorno (em anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 minutos	165,6	211,8	246,8	267,2	281,8	293,0	316,7	328,0	337,2	348,4	357,6	363,0
10 minutos	117,6	150,5	175,4	189,9	200,2	208,2	225,1	233,1	239,7	247,7	254,2	258,0
15 minutos	98,0	125,4	146,1	158,2	166,8	173,5	187,6	194,2	199,7	206,4	211,8	215,0
20 minutos	86,1	110,2	128,5	139,2	146,7	152,6	165,0	170,8	175,6	181,5	186,3	189,1
30 minutos	71,5	91,5	106,7	115,5	121,8	126,7	137,0	141,8	145,8	150,7	154,7	157,0
45 minutos	58,7	75,1	87,5	94,8	100,0	104,0	112,4	116,4	119,7	123,7	126,9	128,8
1 hora	50,5	64,7	75,4	81,6	86,1	89,5	96,8	100,2	103,1	106,5	109,3	111,0
2 horas	32,1	41,1	47,9	51,9	54,7	56,9	61,5	63,7	65,5	67,7	69,5	70,5
3 horas	24,0	30,7	35,7	38,7	40,8	42,4	45,9	47,5	48,8	50,5	51,8	52,6
4 horas	19,3	24,7	28,8	31,2	32,9	34,2	37,0	38,3	39,4	40,7	41,8	42,4
5 horas	16,3	20,9	24,3	26,3	27,8	28,9	31,2	32,3	33,2	34,4	35,3	35,8
6 horas	14,2	18,1	21,1	22,9	24,1	25,1	27,1	28,1	28,9	29,8	30,6	31,1
7 horas	12,6	16,1	18,7	20,3	21,4	22,2	24,0	24,9	25,6	26,5	27,2	27,6
8 horas	11,3	14,5	16,9	18,3	19,3	20,0	21,6	22,4	23,0	23,8	24,4	24,8
12 horas	8,2	10,5	12,2	13,2	13,9	14,5	15,7	16,2	16,7	17,2	17,7	17,9
14 horas	7,2	9,2	10,8	11,7	12,3	12,8	13,8	14,3	14,7	15,2	15,6	15,8
20 horas	5,4	6,9	8,0	8,7	9,2	9,5	10,3	10,7	11	11,4	11,7	11,8
24 horas	4,6	5,9	6,9	7,5	7,9	8,2	8,9	9,2	9,4	9,8	10,0	10,2

Tabela 02 – Altura de chuva em mm.

Duração da Chuva	Tempo de retorno (em anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 minutos	13,8	17,7	20,6	22,3	23,5	24,4	26,4	27,3	28,1	29,0	29,8	30,2
10 minutos	19,6	25,1	29,2	31,7	33,4	34,7	37,5	38,9	39,9	41,3	42,4	43,0
15 minutos	24,5	31,3	36,5	39,6	41,7	43,4	46,9	48,6	49,9	51,6	53,0	53,7
20 minutos	28,7	36,7	42,8	46,4	48,9	50,9	55,0	56,9	58,5	60,5	62,1	63,0
30 minutos	35,8	45,8	53,3	57,8	60,9	63,3	68,5	70,9	72,9	75,3	77,3	78,5
45 minutos	44,0	56,3	65,7	71,1	75,0	78,0	84,3	87,3	89,8	92,8	95,2	96,6
1 hora	50,5	64,7	75,4	81,6	86,1	89,5	96,8	100,2	103,1	106,5	109,3	111,0
2 horas	64,2	82,2	95,8	103,8	109,4	113,8	123,0	127,4	130,9	135,3	138,9	141,0
3 horas	71,9	92,0	107,2	116,1	122,4	127,3	137,6	142,5	146,5	151,4	155,4	157,8
4 horas	77,3	99,0	115,3	124,9	131,7	137,0	148,1	153,3	157,6	162,9	167,2	169,7
5 horas	81,5	104,4	121,6	131,7	138,9	144,4	156,1	161,7	166,2	171,8	176,3	178,9
6 horas	85,0	108,8	126,8	137,3	144,7	150,5	162,7	168,5	173,2	179,0	183,8	186,5
7 horas	87,9	112,5	131,1	142,0	149,7	155,7	168,3	174,3	179,2	185,2	190,1	192,9
8 horas	90,4	115,7	134,9	146,1	154,0	160,2	173,1	179,3	184,3	190,5	195,5	198,4
12 horas	98,1	125,6	146,3	158,5	167,1	173,8	187,8	194,5	200,0	206,7	212,1	215,3
14 horas	101,0	129,3	150,7	163,2	172,0	178,9	193,4	200,3	205,9	212,8	218,4	221,7
20 horas	107,8	137,9	160,7	174,1	183,5	190,9	206,3	213,7	219,7	227,0	233,0	236,5
24 horas	111,2	142,3	165,9	179,6	189,4	197,0	212,9	220,5	226,7	234,3	240,5	244,1

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Uma chuva de 102 mm, com duração de 1 hora foi registrada em Iranduba. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: *Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessário reescrever a equação com o tempo de retorno em função da duração e da intensidade da precipitação. Dessa forma temos:*

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 102 mm dividido por 1 h é igual a 102 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{102 * 1 - 24,5166 \ln(1 + (19,4/60)) - 32,9445}{9,5287 \ln(1 + (19,4/60)) + 12,7778} \right] = 56 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 56 anos corresponde a uma probabilidade de 1,78% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 102 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{56} 100 = 1,78\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPPOZOLI, C. R.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência: município Manacapuru. Estação Pluviométrica Manacapuru, Código 00360001. São Paulo: CPRM, 2015. 12p.*

GOOGLE EARTH. Estação pluviométrica de Manacapuru. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 10 de maio de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 27 de maio de 2015.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil. 2ª ed. DNOS, 1982.*

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.*

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximo por Ano Hidrológico (Outubro/Setembro)

AI	AF	Data	Precipitação máxima diária (mm)
1977	1978	22/02/1978	176,0
1978	1979	28/04/1979	95,2
1980	1981	30/03/1981	94,0
1981	1982	14/03/1982	93,0
1982	1983	23/03/1983	92,0
1984	1985	12/04/1985	153,2
1985	1986	02/3/1986	125,0
1987	1988	10/05/1988	92,1
1992	1993	26/03/1993	107,0
1995	1996	06/06/1996	90,0
1996	1997	08/01/1997	126,0
1997	1998	28/11/1997	55,1
1998	1999	05/02/1999	64,2
1999	2000	24/04/2000	95,0
2000	2001	09/01/2001	80,7
2001	2002	31/12/2001	107,3
2004	2005	25/02/2005	136,8
2005	2006	03/11/2005	106,7
2006	2007	17/11/2006	112,0
2007	2008	13/12/2007	105,4
2008	2009	04/12/2008	126,2
2010	2011	09/12/2010	93,0
2013	2014	04/11/2013	125,2

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Manaus /AM.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,83	0,71	0,58	0,46

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,70	0,49	0,27

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres 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).

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.

ENDEREÇOS

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar
Brasília – DF – CEP: 70830-030
Tel: 61 2192-8252
Fax: 61 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel: 61 3223-1059 - 21 2295-8248
Fax: 61 3323-6600 - 21 2295-5804

Departamento de Gestão Territorial

Tel: 21 2295-6147 - Fax: 21 2295-8094

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030
Tel.: 51 3406-7300 - Fax: 51 3233-7772

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

