

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro
Município: Barra do Piraí
Estação Pluviométrica: UEL Santa Cecília
Tomada d'água
Código LIGHT: 02243205

 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: Barra do Piraí - RJ

**Estação Pluviométrica: UEL Santa Cecília Tomada d'água
Código 02243205**

**SÃO PAULO
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS 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 São Paulo

Copyright @ 2015 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo
Rua Costa, 55 – Cerqueira César
São Paulo - SP - 01.304-010
Telefone: (11) 3775-5101
Fax: (11) 3256-8430
<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: Barra do Pirai/RJ. Estação Pluviométrica: Santa Cecília Tomada D'água, Código 02243205. Caluan Rodrigues Capozzoli, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – São Paulo: CPRM, 2015.

13p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CAPOZZOLI, C.R.; 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 DE SÃO PAULO

José Carlos Garcia Ferreira
Superintendente

Vanesca Sartorelli Medeiros
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Elizete Domingues Salvador
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Lauro Gracindo Pizzatto
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcos Evaristo da Silva
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

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

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 para o município de Barra do Piraí/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica UEL Santa Cecília Tomada D'água, código 02243205, localizada no referido município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Barra do Piraí.

O município de Barra do Piraí está localizado no oeste do estado do Rio de Janeiro, distante em torno de 100 km da capital do Estado, Rio de Janeiro. O município está inserido na bacia do Rio Paraíba do Sul e faz fronteira com os municípios de Piraí, Valença, Vassouras, Mendes, Volta Redonda, Barra Mansa e Pinheiral. Barra do Piraí apresenta uma população de 94.778 habitantes e uma área de 578,97 km² (IBGE, 2010) A sede municipal localiza-se a uma altitude aproximada de 363 metros do nível do mar.

A estação Santa Cecília Tomada D'água, código 02243205, de acordo com o inventário da ANA, está localizada no município de Barra do Piraí, na Latitude 22°28'55"S e Longitude 43°50'21"O, a uma altitude de 356m em relação ao nível do mar. Insere-se na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, no estado do Rio de Janeiro, mais especificamente na sub-bacia 58 (sub-bacia do rio Paraíba do Sul), próximo às margens do rio Paraíba do Sul. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1949. Destaca-se que no período 1950 a 1962 os dados da estação utilizados neste estudo são iguais ao da estação Santa Cecília (02243215), que também foi operada pela Light, sendo desativada em 1971. A estação de Santa Cecília estava localizada a aproximadamente 600m da estação Santa Cecília Tomada D'Água a uma altitude de 420 m. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

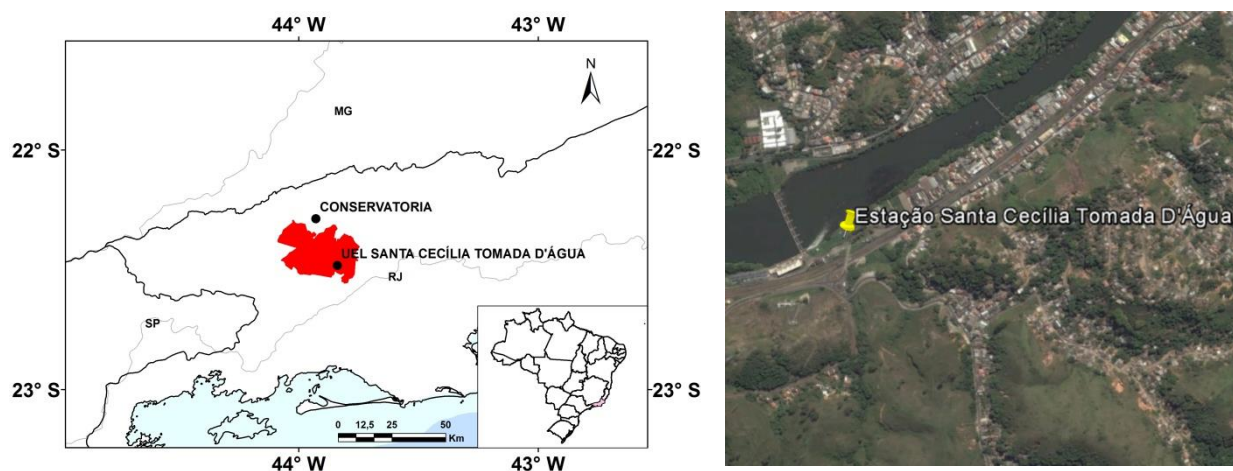


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2015)

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 UEL Santa Cecília Tomada D'Água, código 02243205, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Set a 31/Out), 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 Capozzoli *et al.* (2014) para o município de Valença/RJ, distante cerca de 23 km do

município de Barra do Piraí. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

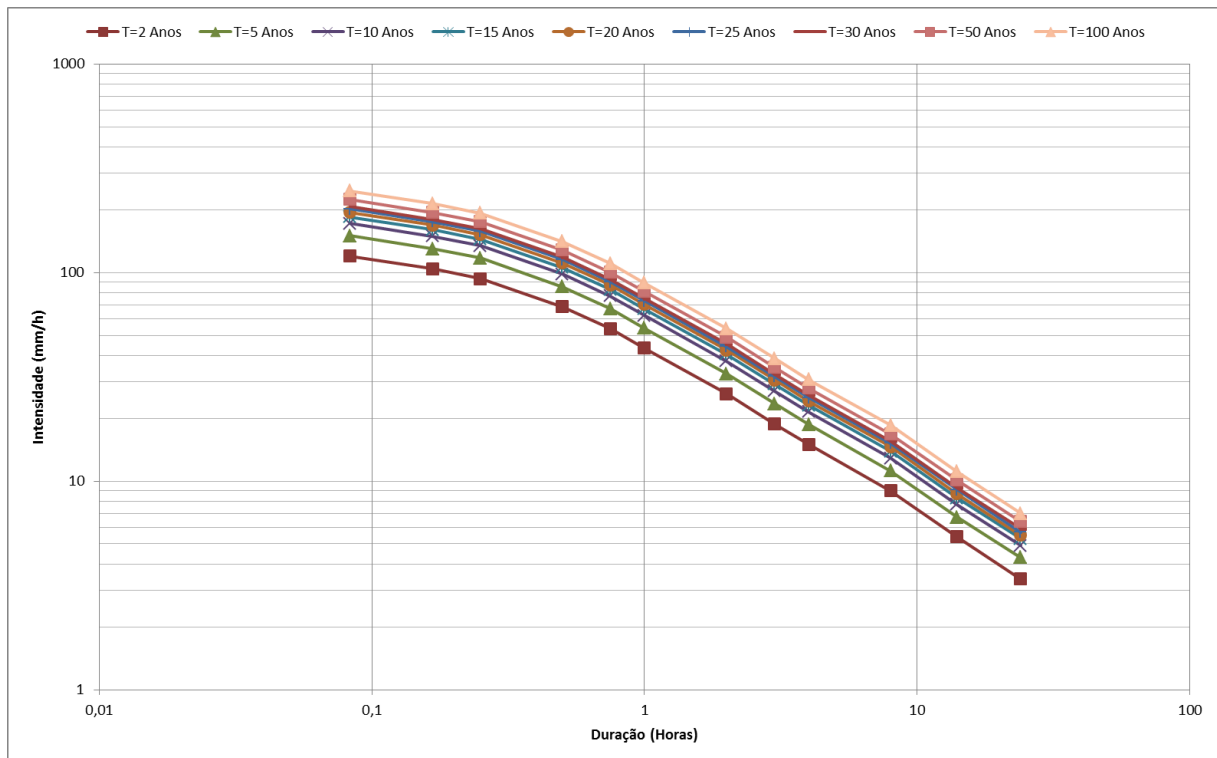


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (01)$$

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

No caso da estação UEL Santa Cecília Tomada D'Água, os parâmetros da equação foram os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2055,6; b = 0,1733; c = 20 \text{ e } d = 0,8908;$$

$$i = \frac{2055,6T^{0,1733}}{(t+20)^{0,8908}} \quad (02)$$

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 (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	131,8	154,4	174,2	186,8	196,4	204,1	221,5	230,2	237,6	246,9	254,9	259,6
10 Minutos	112,0	131,3	148,1	158,8	167,0	173,5	188,3	195,7	202,0	209,9	216,7	220,7
15 Minutos	97,6	114,4	129,1	138,5	145,5	151,3	164,1	170,6	176,1	183,0	188,9	192,3
20 Minutos	86,7	101,6	114,6	122,9	129,2	134,3	145,7	151,4	156,3	162,5	167,7	170,8
30 Minutos	71,1	83,3	93,9	100,8	105,9	110,1	119,4	124,1	128,1	133,2	137,5	140,0
45 Minutos	56,3	65,9	74,4	79,8	83,8	87,1	94,5	98,3	101,4	105,4	108,8	110,8
1 Horas	46,8	54,8	61,8	66,3	69,7	72,4	78,6	81,7	84,3	87,6	90,4	92,1
2 Horas	28,4	33,3	37,5	40,3	42,3	44,0	47,7	49,6	51,2	53,2	54,9	55,9
3 Horas	20,7	24,2	27,3	29,3	30,8	32,0	34,7	36,1	37,3	38,7	40,0	40,7
4 Horas	16,4	19,2	21,6	23,2	24,4	25,3	27,5	28,6	29,5	30,7	31,6	32,2
5 Horas	13,6	15,9	18,0	19,3	20,3	21,1	22,9	23,8	24,5	25,5	26,3	26,8
6 Horas	11,7	13,7	15,4	16,5	17,4	18,1	19,6	20,4	21,0	21,9	22,6	23,0
7 Horas	10,2	12,0	13,5	14,5	15,3	15,9	17,2	17,9	18,5	19,2	19,8	20,2
8 Horas	9,1	10,7	12,1	13,0	13,6	14,2	15,4	16,0	16,5	17,1	17,7	18,0
12 Horas	6,4	7,6	8,5	9,1	9,6	10,0	10,8	11,3	11,6	12,1	12,5	12,7
14 Horas	5,6	6,6	7,5	8,0	8,4	8,7	9,5	9,8	10,2	10,6	10,9	11,1
20 Horas	4,1	4,8	5,5	5,9	6,2	6,4	6,9	7,2	7,4	7,7	8,0	8,1
24 Horas	3,5	4,1	4,6	5,0	5,2	5,4	5,9	6,1	6,3	6,6	6,8	6,9

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	11,0	12,9	14,5	15,6	16,4	17,0	18,5	19,2	19,8	20,6	21,2	21,6
10 Minutos	18,7	21,9	24,7	26,5	27,8	28,9	31,4	32,6	33,7	35,0	36,1	36,8
15 Minutos	24,4	28,6	32,3	34,6	36,4	37,8	41,0	42,7	44,0	45,8	47,2	48,1
20 Minutos	28,9	33,9	38,2	41,0	43,1	44,8	48,6	50,5	52,1	54,2	55,9	56,9
30 Minutos	35,6	41,7	47,0	50,4	53,0	55,1	59,7	62,1	64,1	66,6	68,8	70,0
45 Minutos	42,2	49,4	55,8	59,9	62,9	65,3	70,9	73,7	76,1	79,1	81,6	83,1
1 Horas	46,8	54,8	61,8	66,3	69,7	72,4	78,6	81,7	84,3	87,6	90,4	92,1
2 Horas	56,8	66,6	75,0	80,6	84,6	88,0	95,4	99,2	102,4	106,4	109,8	111,8
3 Horas	62,1	72,6	81,9	87,9	92,4	96,0	104,1	108,3	111,9	116,1	120,0	122,1
4 Horas	65,6	76,8	86,4	92,8	97,6	101,2	110,0	114,4	118,0	122,8	126,4	128,8
5 Horas	68,0	79,5	90,0	96,5	101,5	105,5	114,5	119,0	122,5	127,5	131,5	134,0
6 Horas	70,2	82,2	92,4	99,0	104,4	108,6	117,6	122,4	126,0	131,4	135,6	138,0
7 Horas	71,4	84,0	94,5	101,5	107,1	111,3	120,4	125,3	129,5	134,4	138,6	141,4
8 Horas	72,8	85,6	96,8	104,0	108,8	113,6	123,2	128,0	132,0	136,8	141,6	144,0
12 Horas	76,8	91,2	102,0	109,2	115,2	120,0	129,6	135,6	139,2	145,2	150,0	152,4
14 Horas	78,4	92,4	105,0	112,0	117,6	121,8	133,0	137,2	142,8	148,4	152,6	155,4
20 Horas	82,0	96,0	110,0	118,0	124,0	128,0	138,0	144,0	148,0	154,0	160,0	162,0
24 Horas	84,0	98,4	110,4	120,0	124,8	129,6	141,6	146,4	151,2	158,4	163,2	165,6

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

No dia 26 de março de 1966 foi registrada uma chuva de 167 mm com duração de 24 horas. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: *Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária à inversão da equação 01. Dessa forma temos:*

$$T = \left[\frac{i(t+c)^a}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 167 mm dividido por 24 h é igual a 6,96 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{6,96(1440 + 20)^{0,8908}}{2055,6} \right]^{1/0,1733} = 103 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 103 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 0,97%, ou

$$P(i \geq 126,7 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{103} 100 = 0,97\%$$

O tempo de retorno de 103 anos está fora do limite de aplicação da equação, o que indica a excepcionalidade do evento.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOZZOLI, C. R.; MEDEIROS, V.S.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*: município Valença/RJ. Estação Pluviográfica: Conservatória, Código 02243004. São Paulo: CPRM, 2014. 13p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em agosto de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330030>. Acesso em agosto de 2015.

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)
1935	1936	06/02/1936	50,4
1937	1938	17/12/1937	73,0
1938	1939	30/12/1938	80,2
1941	1942	19/02/1942	67,2
1944	1945	21/03/1945	71,0
1945	1946	15/03/1946	75,2
1946	1947	18/02/1947	76,4
1949	1950	12/02/1950	72,0
1950	1951	05/12/1950	61,3
1951	1952	24/02/1952	84,8
1952	1953	26/03/1953	68,7
1953	1954	02/04/1954	62,5
1954	1955	03/01/1955	61,01
1955	1956	16/02/1956	97,0
1956	1957	11/03/1957	73,0
1957	1958	09/02/1958	77,6
1958	1959	19/01/1959	83,8
1959	1960	25/03/1960	106,0
1960	1961	23/12/1960	90,0
1961	1962	15/01/1962	70,2
1963	1964	19/12/1963	58,2
1965	1966	26/03/1966	167,0
1966	1967	09/01/1967	113,2
1967	1968	21/12/1967	87,6
1968	1969	23/01/1969	76,2
1969	1970	20/02/1970	45,2
1970	1971	25/02/1971	73,0
1971	1972	11/03/1972	86,0
1972	1973	01/01/1973	61,0
1973	1974	25/12/1973	72,6
1974	1975	14/12/1974	89,2
1979	1980	15/03/1980	74,8
1981	1982	24/02/1982	64,6
1982	1983	05/03/1983	85,0
1984	1985	24/01/1985	94,2
1987	1988	19/02/1988	85,5
1988	1989	23/12/1988	86,2
1989	1990	15/12/1989	112,0

ANEXO I (Continuação)

1990	1991	11/03/1991	68,0
1992	1993	11/12/1992	65,0
1994	1995	11/02/1995	88,2
2002	2003	02/12/2002	82,0
2003	2004	06/02/2004	58,7
2004	2005	18/01/2005	64,5
2006	2007	11/02/2007	66,7
2008	2009	13/11/2008	97,2
2009	2010	15/01/2010	75,9
2010	2011	28/02/2011	85,9
2011	2012	17/12/2011	62,7

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Capozzoli *et al.* (2013) para o município de Valença/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,88	0,73	0,69	0,64	0,53

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,93	0,79	0,54	0,40	0,23

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 São Paulo

Rua Costa, 55 - Cerqueira César
São Paulo - SP - CEP: 01304-010
Tel.: 11 3775-5101 - Fax: 11 3775-5165

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

