

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro
Município: Santo Antônio de Pádua
Estação Pluviométrica: Santo Antônio de Pádua
Código ANA: 02142058

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2015

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

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

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

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Município: Santo Antônio de Pádua-RJ

**Estação Pluviométrica: Santo Antônio de Pádua
Código: 02142058**

**SÃO PAULO
2015**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÕES

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: Santo Antônio de Pádua/RJ. Estação Pluviométrica: Santo Antônio de Pádua, Código 02142058. 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

Luiz Gonzaga Baião

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

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 de Levantamentos da Geodiversidade 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) para o município de Miracema, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Santo Antônio de Pádua, código 02142058, localizada no município de Santo Antônio de Pádua/RJ.

1 - INTRODUÇÃO

A equação IDF indicada para o município de Santo Antônio de Pádua foi definida por Capozzoli *et al* (2015) para o município de Miracema.

O município de Santo Antônio de Pádua está localizado no estado do Rio de Janeiro, na sub-bacia do rio Paraíba do Sul, distante em torno de 265 km da capital do Estado, Rio de Janeiro. O município faz fronteira com os municípios de Itaocara, São José de Ubá, Cambuci, Miracema, Aperibé, Cantagalo, Pirapetinga, Recreio e Palma. O município de Santo Antônio de Pádua possui uma área de aproximadamente 600 km², sua sede localiza-se a uma altitude aproximada de 86 metros e possui uma população de 40.589 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Santo Antônio de Pádua, código 02142058, está localizada no município de mesmo nome, na Latitude 21°32'31"S e Longitude 42°10'57"O, a uma distância aproximada de 300 m da sede municipal de Santo Antônio de Pádua. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1966, 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.

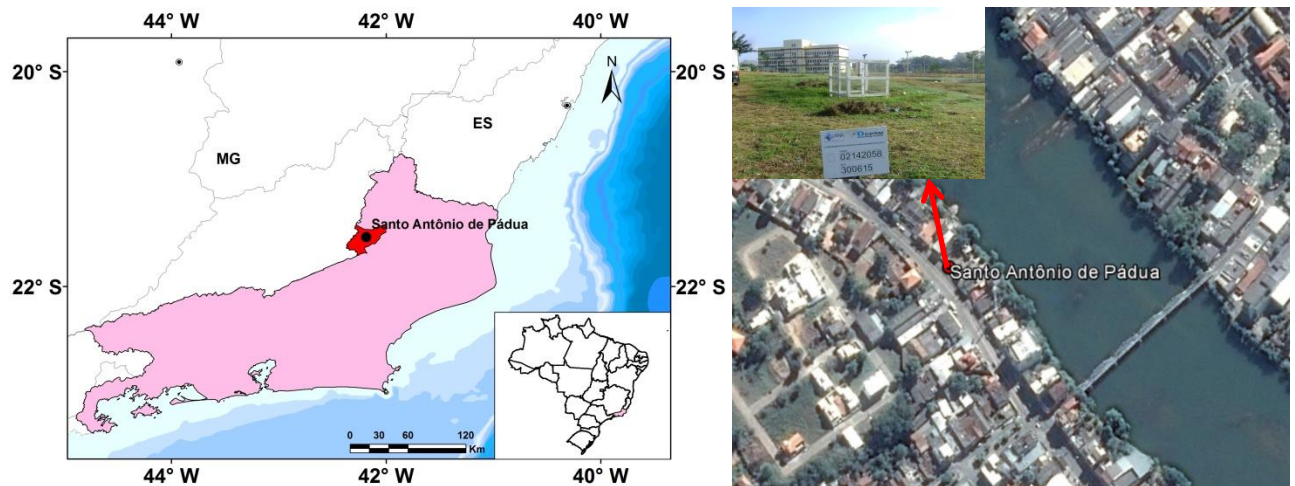


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2015)

2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Para a elaboração desta equação foram utilizados os dados da estação Santo Antônio de Pádua, código 02142058. Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da Estação Santo Antônio de Pádua 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 Capozzoli *et al.*(2014) para a cidade de Cataguases, distante aproximadamente 60 km do município de Santo Antônio de Pádua. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

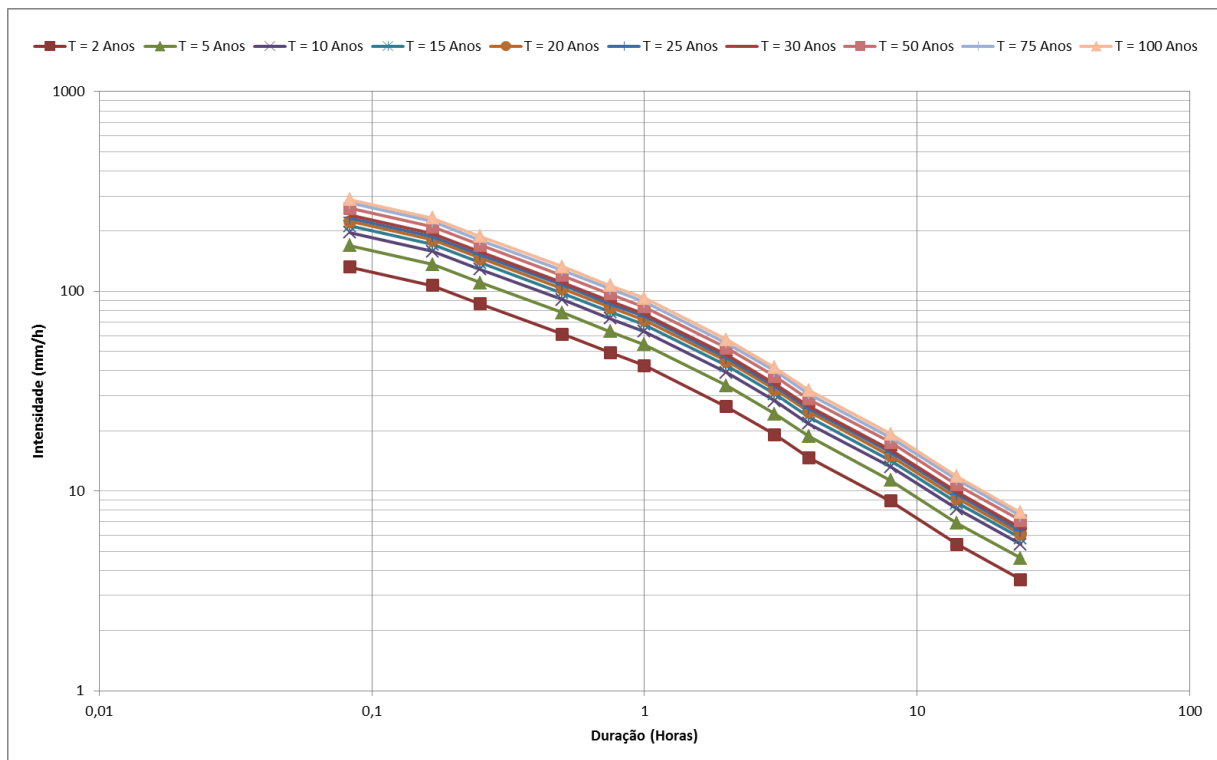


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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 de Santo Antônio de Pádua, para durações de 5 minutos até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 1266,9$; $b = 0,1917$; $c = 13,2$ e $d = 0,8156$:

$$i = \frac{1266,9T^{0,1917}}{(t+13,2)^{0,8156}} \quad \text{para } 5 \text{ minutos} \leq t < 24 \text{ horas} \quad (02)$$

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, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	135,7	161,8	184,8	199,7	211,1	220,3	228,1	241,1	251,6	260,6	271,9	281,6	287,4
10 Minutos	111,4	132,8	151,6	163,9	173,2	180,7	187,2	197,8	206,4	213,8	223,1	231,0	235,7
15 Minutos	95,0	113,2	129,3	139,8	147,7	154,1	159,6	168,7	176,0	182,3	190,3	197,0	201,1
30 Minutos	67,1	80,0	91,3	98,7	104,3	108,8	112,7	119,1	124,3	128,7	134,4	139,1	142,0
45 Minutos	52,6	62,7	71,6	77,4	81,8	85,4	88,4	93,4	97,5	101,0	105,4	109,1	111,3
1 Hora	43,6	52,0	59,4	64,2	67,8	70,8	73,3	77,5	80,9	83,7	87,4	90,5	92,4
2 Horas	26,8	31,9	36,4	39,4	41,6	43,4	45,0	47,5	49,6	51,4	53,6	55,5	56,7
3 Horas	19,8	23,6	26,9	29,1	30,7	32,1	33,2	35,1	36,6	37,9	39,6	41,0	41,8
4 Horas	15,9	18,9	21,6	23,3	24,7	25,7	26,6	28,2	29,4	30,4	31,8	32,9	33,6
5 Horas	13,3	15,9	18,1	19,6	20,7	21,6	22,4	23,7	24,7	25,6	26,7	27,7	28,2
6 Horas	11,6	13,8	15,7	17,0	18,0	18,8	19,4	20,5	21,4	22,2	23,1	24,0	24,5
7 Horas	10,2	12,2	13,9	15,1	15,9	16,6	17,2	18,2	19,0	19,6	20,5	21,2	21,7
8 Horas	9,2	11,0	12,5	13,5	14,3	14,9	15,5	16,3	17,1	17,7	18,4	19,1	19,5
12 Horas	6,7	7,9	9,1	9,8	10,4	10,8	11,2	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,1
14 Horas	5,9	7,0	8,0	8,7	9,2	9,6	9,9	10,5	10,9	11,3	11,8	12,2	12,5
20 Horas	4,4	5,3	6,0	6,5	6,9	7,2	7,4	7,8	8,2	8,5	8,8	9,2	9,4
24 Horas	3,8	4,5	5,2	5,6	5,9	6,2	6,4	6,8	7,1	7,3	7,6	7,9	8,1

Tabela 02 – Altura de chuva em mm.

Duração da chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	11,3	13,5	15,4	16,6	17,6	18,4	19,0	20,1	21,0	21,7	22,7	23,5	23,9
10 Minutos	18,6	22,1	25,3	27,3	28,9	30,1	31,2	33,0	34,4	35,6	37,2	38,5	39,3
15 Minutos	23,7	28,3	32,3	34,9	36,9	38,5	39,9	42,2	44,0	45,6	47,6	49,3	50,3
30 Minutos	33,5	40,0	45,7	49,3	52,1	54,4	56,4	59,6	62,2	64,4	67,2	69,6	71,0
45 Minutos	39,4	47,0	53,7	58,0	61,3	64,0	66,3	70,1	73,1	75,7	79,0	81,8	83,5
1 Hora	43,6	52,0	59,4	64,2	67,8	70,8	73,3	77,5	80,9	83,7	87,4	90,5	92,4
2 Horas	53,5	63,8	72,9	78,8	83,3	86,9	90,0	95,1	99,2	102,8	107,3	111,1	113,4
3 Horas	59,3	70,7	80,7	87,3	92,2	96,2	99,7	105,3	109,9	113,8	118,8	123,0	125,5
4 Horas	63,4	75,6	86,3	93,3	98,6	102,9	106,6	112,6	117,6	121,7	127,1	131,6	134,3
5 Horas	66,7	79,5	90,7	98,1	103,6	108,2	112,0	118,4	123,5	127,9	133,5	138,3	141,1
6 Horas	69,3	82,6	94,4	102,0	107,8	112,5	116,5	123,1	128,5	133,1	138,9	143,8	146,8
7 Horas	71,6	85,4	97,5	105,4	111,4	116,2	120,4	127,2	132,8	137,5	143,5	148,6	151,6
8 Horas	73,6	87,8	100,3	108,4	114,5	119,5	123,8	130,8	136,5	141,3	147,5	152,8	155,9
12 Horas	79,9	95,3	108,8	117,6	124,3	129,7	134,3	142,0	148,2	153,4	160,1	165,8	169,2
14 Horas	82,4	98,2	112,2	121,3	128,1	133,7	138,5	146,4	152,8	158,2	165,1	171,0	174,5
20 Horas	88,4	105,3	120,3	130,0	137,4	143,4	148,5	156,9	163,8	169,6	177,0	183,3	187,0
24 Horas	91,5	109,1	124,6	134,7	142,3	148,5	153,8	162,5	169,6	175,6	183,3	189,8	193,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que uma chuva de 45 mm com duração de 15 minutos foi registrada em Santo Antônio de Pádua. 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 45 mm dividido por 15 minutos é igual a 180 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{180(15 + 13,2)^{0,8156}}{1266,9} \right]^{1/0,1917} = 56,2 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 56,2 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,78%, ou

$$P(i \geq 180 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{56,2} 100 = 1,78\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 24 de setembro de 2015.

CAPOZZOLI, C.R.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*: município Cataguases/MG. Estação pluviográfica Usina Maurício, Código 02142006. São Paulo,SP: CPRM, 2014. 13p.

CAPOZZOLI, C.R.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*: município Miracema/RJ. Estação pluviométrica Santo Antônio de Pádua, Código 02142058. São Paulo,SP: CPRM, 2015. 13p.

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)
1966	1967	14/11/1966	53,0
1967	1968	19/11/1967	86,5
1968	1969	03/12/1968	73,0
1969	1970	24/11/1969	93,0
1970	1971	09/11/1970	60,0
1971	1972	25/11/1971	73,5
1972	1973	16/01/1973	70,1
1974	1975	23/11/1974	74,6
1975	1976	27/11/1975	107,8
1976	1977	20/10/1976	131,8
1983	1984	20/12/1983	82,2
1984	1985	23/11/1984	85,0
1985	1986	12/01/1986	72,4
1986	1987	31/12/1986	92,2
1987	1988	28/11/1987	109,6
1988	1989	31/12/1988	61,8
1989	1990	21/12/1989	78,2
1990	1991	28/04/1991	67,3
1991	1992	12/10/1991	81,8
1992	1993	05/11/1992	110,0
1993	1994	04/01/1994	50,3
1994	1995	12/01/1995	63,0
1995	1996	14/12/1995	71,3
1996	1997	05/12/1996	86,0
1997	1998	12/02/1998	74,6
1998	1999	07/12/1998	66,0
1999	2000	24/12/1999	106,0
2000	2001	06/12/2000	80,0
2001	2002	17/12/2001	128,4
2002	2003	06/11/2002	99,7
2003	2004	02/01/2004	87,4
2004	2005	19/01/2005	81,6
2005	2006	12/02/2006	52,8
2006	2007	04/01/2007	76,5
2007	2008	09/01/2008	81,3
2008	2009	17/12/2008	108,5
2009	2010	14/12/2009	126,8
2010	2011	04/04/2011	92,1

ANEXO I (Continuação)

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)

Máximo por Ano Hidrológico (Outubro/Setembro)

2011	2012	02/01/2012	69,5
2012	2013	26/03/2013	100,7
2013	2014	11/12/2013	65,1

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Capozzoli *et al.* (2014) para a cidade de Cataguases/MG.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,88	0,82	0,68	0,66	0,61	0,49

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,87	0,72	0,51	0,42	0,26

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade 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 - Ciqueira 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

www.cprm.gov.br

