

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS
DE MASSA E INUNDAÇÃO

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Município: Mongaguá

Estação Pluviográfica: Mongaguá

Código ANA: 02446001

Código DAEE: F3-002

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil



**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: Mongaguá/SP

**Estação Pluviométrica: Mongaguá
Códigos: 02446001 (ANA) / F3-002 (DAEE)**

**BELÉM
2017**

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)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belém

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Belém
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA – 66095-110
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349
<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: Mongaguá. Estação Pluviométrica: Mongaguá, Códigos 02446001 (ANA) / F3-002 (DAEE). Catharina dos Prazeres Campos de Farias, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Belém, PA: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – FARIAS, C.P.C. de, PICKBRENNER, K e 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

Fernando Bezerra Coelho Filho

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Paulo Pedrosa

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

Vicente Humberto Lôbo Cruz

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

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Otto Bittencourt Netto

Vice-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Conselheiros

Cassio Roberto Da Silva

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Paulo Cesar Abrão

Telton Elber Correa

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Carlos Garcia Ferreira

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

José Carlos Garcia Ferreira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Jânio Souza Nascimento
Superintendente

João Batista Marcelo de Lima
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Lucia Travassos da Rosa Costa
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Tomaz de Aquino M Lobato
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cícero Vieira de Meneses
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial

Jorge Pimentel

Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

Achiles Monteiro (In memorian)

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - Sureg/PA

Equipe Executora

Adriana Burin Weschenfelder-Sureg/PA

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/SP

Catharina dos Prazeres Campos de Farias – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado 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

Isis Tourinho dos Santos – 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 para o município de Mongaguá onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Mongaguá, código 02446001 (ANA) / F3-002 (DAEE).

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Mongaguá.

O município de Mongaguá está localizado na Região Metropolitana da Baixada Santista, no estado de São Paulo. O município, segundo o IBGE (2010), possui área de 142 km², situa-se no litoral paulista, a uma altitude de apenas 2 metros em relação ao nível do mar. A população, em 2010, era de 46.293 habitantes.

A estação Mongaguá, código 02446001 (ANA) / F3-002 (DAEE), está localizada na Latitude 24°05'00"S e Longitude 46°37'00"O. Esta estação encontra-se inserida na sub-bacia 80, dos rios Itapanhaú, Itanhaém e outros.

A estação pluviométrica localiza-se na sede do município de Mongaguá. Esta estação é bastante antiga e se encontra em operação desde 1937. O período utilizado na elaboração da IDF foi de 1937 a 2014. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado pelo DAEE-SP (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo).

A Figura 01 apresenta a localização do município.

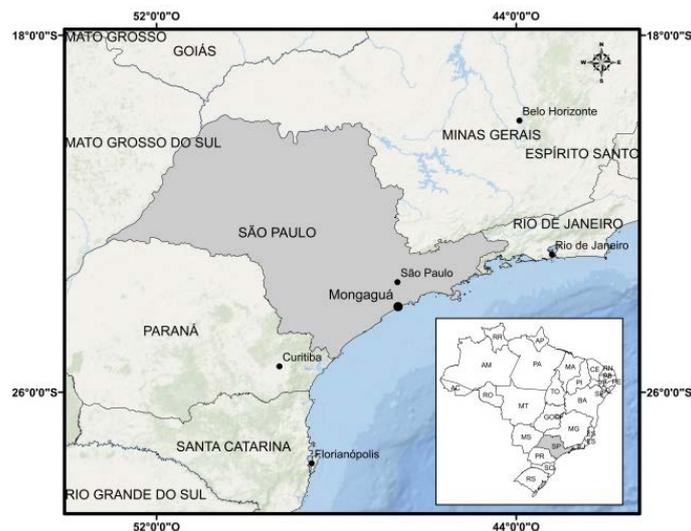


Figura 01 – Localização do município

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 Mongaguá, código 02446001 (ANA) / F3-002 (DAEE), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gumbel, 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 Pinto (2013) para a estação Itanhaém, no município de Itanhaém, distante 21 km da estação de Mongaguá. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

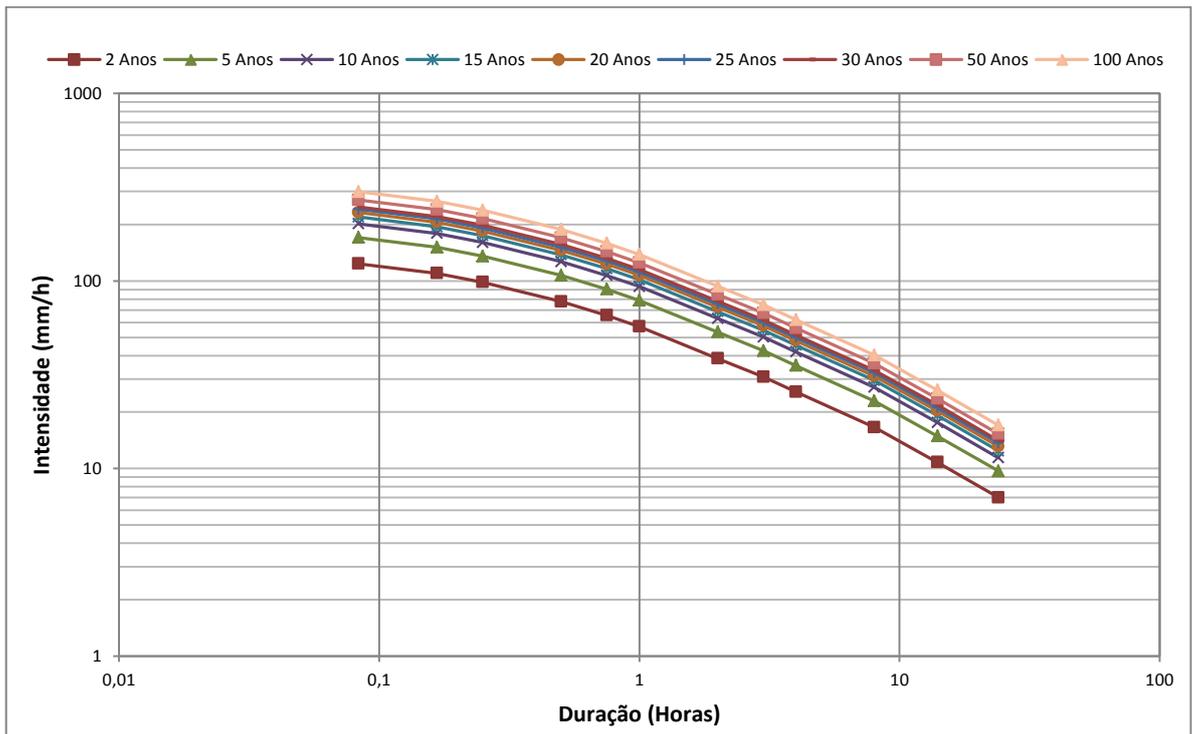


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 de Mongaguá, para durações de 5 minutos a 8 horas os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 1005,4 ; b = 0,2125 ; c = 19,6 \text{ e } d = 0,6709 ;$$

$$i = \frac{1005,4T^{0,2125}}{(t+19,6)^{0,6709}} \quad (02)$$

Para durações superiores a 8 horas até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 2005,6 ; b = 0,2114 ; c = 0 \text{ e } d = 0,7851 ;$$

$$i = \frac{2005,6T^{0,2114}}{(t+0)^{0,7851}} \quad (03)$$

Estas equações são válidas para tempos de retorno 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, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	135,9	165,1	191,3	208,5	221,6	232,4	241,6	256,8	269,3	279,9	289,2	305,1	312,0
10 Minutos	120,0	145,8	168,9	184,1	195,8	205,3	213,4	226,8	237,8	247,2	255,5	269,5	275,6
15 Minutos	108,1	131,3	152,2	165,8	176,3	184,9	192,2	204,3	214,2	222,7	230,1	242,7	248,2
20 Minutos	98,7	119,9	139,0	151,5	161,0	168,9	175,5	186,6	195,6	203,4	213,3	221,7	226,7
30 Minutos	84,9	103,1	119,5	130,2	138,5	145,2	150,9	160,4	168,2	174,9	180,7	190,6	194,9
45 Minutos	71,1	86,4	100,1	109,1	116,0	121,6	126,4	134,4	140,9	146,5	151,3	159,6	163,3
1 HORA	61,8	75,1	87,0	94,8	100,8	105,7	109,9	116,8	122,5	127,3	131,6	138,8	141,9
2 HORAS	42,4	51,5	59,7	65,1	69,2	72,5	75,4	80,1	84,0	87,3	90,2	95,2	97,3
3 HORAS	33,4	40,5	47,0	51,2	54,4	57,0	59,3	63,0	66,1	68,7	71,0	74,9	76,6
4 HORAS	28,0	34,0	39,4	42,9	45,6	47,8	49,7	52,8	55,4	57,6	59,5	62,8	64,2
5 HORAS	24,3	29,5	34,2	37,3	39,7	41,6	43,2	46,0	48,2	50,1	52,5	54,6	55,8
6 HORAS	21,7	26,3	30,5	33,2	35,3	37,1	38,5	41,0	42,9	44,6	46,8	48,7	49,8
7 HORAS	19,6	23,9	27,6	30,1	32,0	33,6	34,9	37,1	38,9	40,5	42,4	44,1	45,1
8 HORAS	18,0	21,9	25,4	27,7	29,4	30,8	32,0	34,1	35,7	37,1	38,4	40,5	41,4
12 HORAS	13,3	16,1	18,6	20,3	21,6	22,6	23,5	25,0	26,2	27,2	28,5	29,7	30,3
14 HORAS	11,7	14,3	16,5	18,0	19,1	20,0	20,8	22,1	23,2	24,1	24,9	26,3	26,9
20 HORAS	8,9	10,8	12,5	13,6	14,4	15,1	15,7	16,7	17,5	18,2	19,1	19,9	20,3
24 HORAS	7,7	9,3	10,8	11,8	12,5	13,1	13,6	14,5	15,2	15,8	16,3	17,2	17,6

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	11,3	13,8	15,9	17,4	18,5	19,4	20,1	21,4	22,4	23,3	24,1	25,4	26,0
10 Minutos	20,0	24,3	28,2	30,7	32,6	34,2	35,6	37,8	39,6	41,2	42,6	44,9	45,9
15 Minutos	27,0	32,8	38,0	41,5	44,1	46,2	48,0	51,1	53,5	55,7	57,5	60,7	62,0
20 Minutos	32,9	40,0	46,3	50,5	53,7	56,3	58,5	62,2	65,2	67,8	71,1	73,9	75,6
30 Minutos	42,4	51,6	59,7	65,1	69,2	72,6	75,5	80,2	84,1	87,4	90,3	95,3	97,5
45 Minutos	53,3	64,8	75,1	81,8	87,0	91,2	94,8	100,8	105,7	109,8	113,5	119,7	122,4
1 HORA	61,8	75,1	87,0	94,8	100,8	105,7	109,9	116,8	122,5	127,3	131,6	138,8	141,9
2 HORAS	84,8	103,0	119,4	130,1	138,3	145,0	150,7	160,3	168,0	174,7	180,5	190,4	194,7
3 HORAS	100,1	121,6	140,9	153,5	163,2	171,1	177,9	189,1	198,3	206,1	213,0	224,7	229,8
4 HORAS	111,8	135,9	157,4	171,6	182,4	191,3	198,9	211,4	221,7	230,4	238,1	251,1	256,8
5 HORAS	121,6	147,7	171,2	186,6	198,4	208,0	216,2	229,8	241,0	250,5	262,7	273,1	279,2
6 HORAS	130,0	158,0	183,0	199,5	212,1	222,4	231,2	245,7	257,7	267,8	280,8	291,9	298,6
7 HORAS	137,5	167,0	193,5	210,9	224,2	235,1	244,4	259,8	272,4	283,2	296,9	308,7	315,7
8 HORAS	144,2	175,2	203,0	221,2	235,2	246,6	256,3	272,5	285,7	297,0	306,9	323,7	331,1
12 HORAS	159,1	193,2	223,6	243,6	258,9	271,4	282,1	299,8	314,3	326,6	342,4	355,8	363,9
14 HORAS	164,5	199,7	231,2	251,9	267,6	280,6	291,6	309,9	324,9	337,6	348,8	367,8	376,1
20 HORAS	177,6	215,6	249,6	271,9	289,0	302,9	314,8	334,6	350,7	364,5	382,1	397,1	406,1
24 HORAS	184,7	224,2	259,6	282,8	300,5	315,0	327,4	347,9	364,7	379,1	391,6	413,0	422,3

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Mongaguá, foi registrada uma chuva de 80 mm com duração de 30 minutos. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

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

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 80 mm dividido por 0,5h é igual a 160 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{160 (30 + 19,6)^{0,6709}}{1005,4} \right]^{1/0,2125} = 40 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 40 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,5%, ou

$$P(i \geq 160 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{40} 100 = 2,5\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). *Base de dados*. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: jun. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/mongagua/panorama>. Acesso em: jun.2017.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. Belo Horizonte: CPRM, mar. 2013.

MARTINS, L.K. L. A. e PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade-Duração-Frequência: município Itanhaém, estação pluviográfica Itanhaém, código F3-005R*. Belo Horizonte: CPRM, 2016. 14p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.

ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico (01/Out a 30/Set)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1957	1958	19/04/58	98,6	1986	1987	01/12/86	193,2
1960	1961	28/02/61	57,2	1987	1988	21/02/88	204,3
1961	1962	22/12/61	170,5	1989	1990	22/03/90	311,1
1962	1963	16/05/63	98,4	1990	1991	22/03/91	117,7
1963	1964	03/09/64	55,2	1991	1992	03/05/92	113,1
1964	1965	20/04/65	139,0	1992	1993	23/11/92	122,1
1965	1966	27/01/66	190,0	1993	1994	27/01/94	142,5
1966	1967	22/12/66	187,0	1994	1995	03/02/95	278,2
1967	1968	04/04/68	165,2	1995	1996	03/02/96	308,0
1968	1969	03/02/69	113,0	1996	1997	24/05/97	100,8
1969	1970	21/11/69	139,0	1997	1998	11/02/98	137,0
1970	1971	02/01/71	160,6	1998	1999	11/02/99	168,0
1971	1972	22/01/72	173,0	1999	2000	17/02/00	136,0
1972	1973	16/01/73	154,7	2000	2001	13/01/01	205,5
1973	1974	01/02/74	88,0	2001	2002	02/10/01	103,6
1974	1975	26/02/75	128,0	2002	2003	04/04/03	115,0
1975	1976	22/01/76	216,3	2003	2004	29/11/03	117,0
1976	1977	06/01/77	144,5	2004	2005	11/12/04	230,0
1977	1978	09/03/78	99,7	2005	2006	25/03/06	242,0
1978	1979	11/11/78	83,5	2006	2007	30/11/06	100,0
1979	1980	20/02/80	390,4	2007	2008	12/01/08	248,5
1980	1981	23/12/80	166,7	2008	2009	24/02/09	151,0
1981	1982	02/12/81	130,6	2009	2010	01/01/10	188,7
1982	1983	02/02/83	195,3	2010	2011	11/01/11	200,0
1983	1984	30/03/84	111,6	2011	2012	13/02/12	186,1
1984	1985	05/04/85	111,6	2012	2013	23/03/13	131,1
1985	1986	02/03/86	124,6	2013	2014	11/07/14	146,2

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Martins e Pinto (2016) para o município de Mongaguá/SP.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,90	0,79	0,61	0,55	0,46	0,34

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,86	0,68	0,43	0,32	0,18

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

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 Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco
Belém - PA - CEP: 66095-110
Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

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



PAC