

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: São Lourenço da Serra

Estação Pluviográfica: Monte Belo

Código ANA:02346071

Código DAEE: E3-014

 **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: São Lourenço da Serra - SP

**Estação Pluviométrica: Monte Belo
Códigos: 02346071 (ANA) e E3-014 (DAEE)**

**PORTO ALEGRE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
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 Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: 0(xx)(51) 3406-7300
Fax: 0(xx)(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: São Lourenço da Serra/SP. Estação Pluviométrica: Aldeinha Códigos 02346071 (ANA) e E3-014 (DAEE) Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

13p.; 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

Fernando Bezerra Coelho Filho

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Paulo Pedrosa

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

Vicente Humberto Lobo 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)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Eduardo Camozzato
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

Aicaro Umberto Ferrari
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

Danielle Cutolo – Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

Isis Tourinho dos Santos – Sureg/BE

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 São Lourenço da Serra/SP onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Aldeinha 02346071 (ANA) e E3-014 (DAEE). Esta estação está localizada no município de Itapecerica da Serra, aproximadamente a oito km da sede do município de São Lourenço da Serra.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de São Lourenço da Serra/SP.

O município de São Lourenço da Serra está localizado no estado de São Paulo, na microrregião de Itapecerica da Serra, zona sudoeste da região metropolitana de São Paulo; também insere-se na região do Vale do Ribeira. Seus limites são os municípios de Cotia a noroeste e norte, Itapecerica da Serra a norte, Embu-Guaçu a leste, Juquitiba a sudoeste e Ibiúna a oeste. O município possui uma área aproximada de 186,456 km² (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 728 metros em sua sede. A população de São Lourenço da Serra, segundo IBGE (2010), é de 13.973 habitantes.

A estação Aldeinha, códigos 02346071 (ANA) e E3-014 (DAEE), está localizada na Latitude 23°47'00"S e Longitude 46°55'00" O; na sub-bacia 62, sub-bacia dos rios Paraná, Tietê e outros. A estação pluviométrica localiza-se no município de Itapecerica da Serra a oito km da sede do município de São Lourenço da Serra. Esta estação encontra-se em operação desde 1936 e o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1966 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 e da estação.

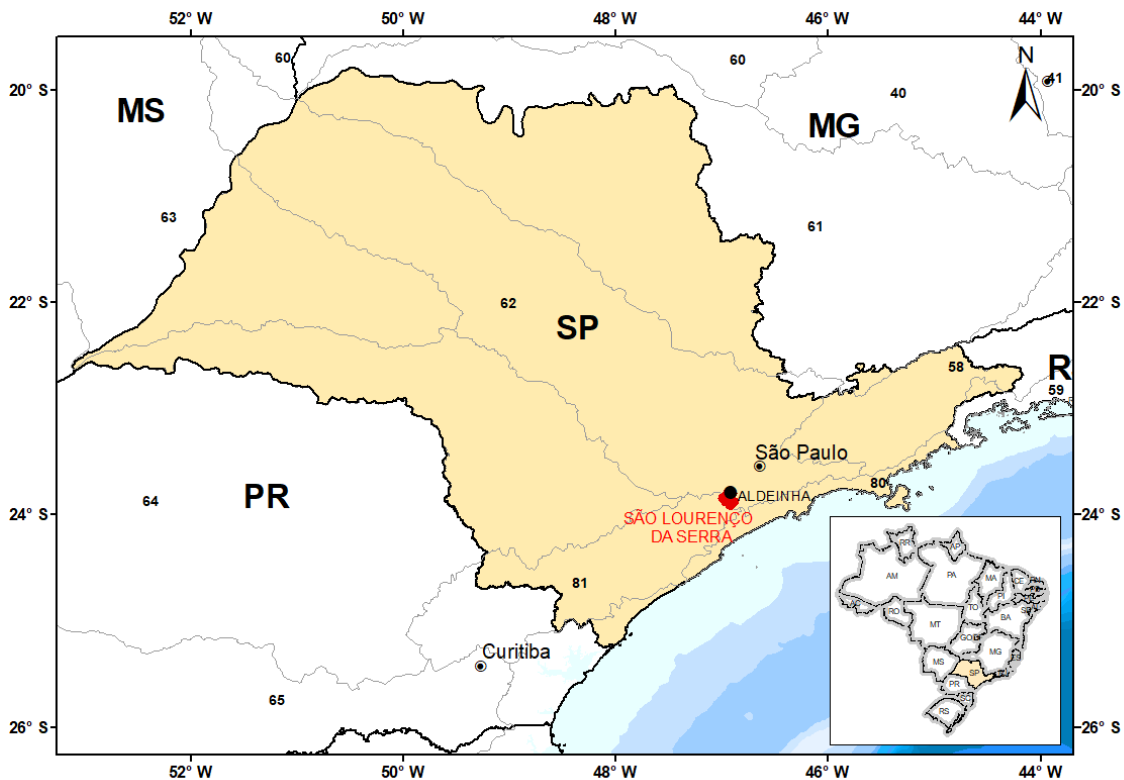


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

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 Aldeinha, 02346071 (ANA) e E3-014 (DAEE), 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 GEV, 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.* (2017), para a estação Juquitiba, códigos 02347051 (ANA) E4-059R (DAEE), localizada no município de Juquitiba, distante aproximadamente 23 km da estação desagregada Aldeinha. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

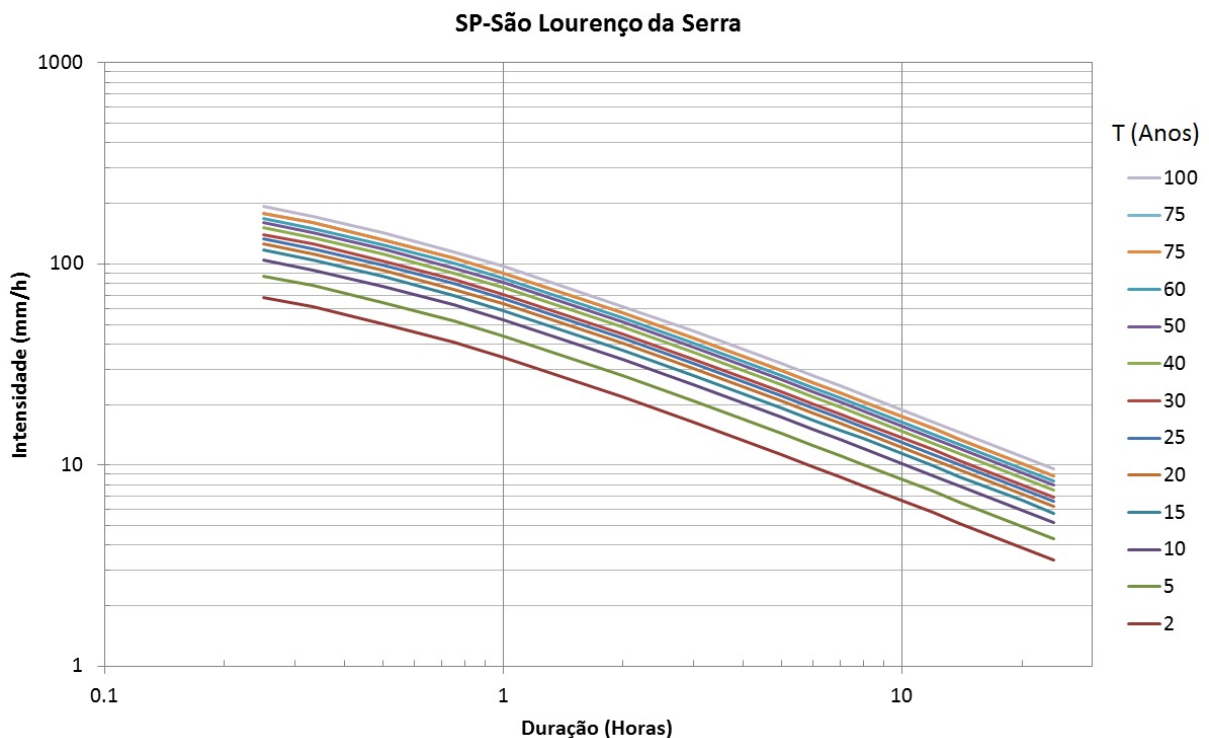


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são do tipo:

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

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 Aldeinha os parâmetros da equação são os seguintes:

$$15\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 883,5; b = 0,2656; c = 17,3; d = 0,7893$$

$$i = \frac{883,5T^{0,2656}}{(t+17,3)^{0,7893}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos e durações de 15 minutos até 24 horas. A Tabela 03 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 04 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	100
15 Minutos	68,4	87,2	104,9	116,8	126,1	133,7	140,4	151,5	160,8	168,8	179,1	193,3
20 Minutos	61	77,9	93,6	104,2	112,5	119,4	125,3	135,3	143,5	150,6	159,8	172,5
30 Minutos	50,6	64,5	77,6	86,4	93,3	99	103,9	112,1	119	124,9	132,5	143
45 Minutos	40,7	51,9	62,4	69,5	75,1	79,6	83,6	90,2	95,7	100,5	106,6	115,1
1 HORA	34,3	43,8	52,7	58,6	63,3	67,2	70,5	76,1	80,7	84,8	89,9	97,1
2 HORAS	21,8	27,8	33,5	37,3	40,2	42,7	44,8	48,4	51,3	53,9	57,1	61,7
3 HORAS	16,4	20,9	25,1	28	30,2	32,1	33,7	36,3	38,5	40,5	42,9	46,3
4 HORAS	13,3	17	20,4	22,7	24,5	26	27,3	29,5	31,3	32,8	34,8	37,6
5 HORAS	11,3	14,4	17,3	19,2	20,8	22	23,1	25	26,5	27,8	29,5	31,8
6 HORAS	9,8	12,5	15,1	16,8	18,1	19,2	20,2	21,8	23,1	24,2	25,7	27,8
7 HORAS	8,7	11,2	13,4	14,9	16,1	17,1	18	19,4	20,6	21,6	22,9	24,7
8 HORAS	7,9	10,1	12,1	13,5	14,6	15,5	16,2	17,5	18,6	19,5	20,7	22,3
12 HORAS	5,8	7,4	8,9	9,9	10,7	11,3	11,9	12,8	13,6	14,3	15,2	16,4
14 HORAS	5,1	6,6	7,9	8,8	9,5	10,1	10,6	11,4	12,1	12,7	13,5	14,5
20 HORAS	3,9	5	6	6,7	7,2	7,6	8	8,6	9,2	9,6	10,2	11
24 HORAS	3,4	4,3	5,2	5,8	6,2	6,6	6,9	7,5	8	8,3	8,9	9,6

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	100
15 Minutos	17,1	21,8	26,2	29,2	31,5	33,4	35,1	37,9	40,2	42,2	44,8	48,3
20 Minutos	20,3	26	31,2	34,7	37,5	39,8	41,8	45,1	47,8	50,2	53,3	57,5
30 Minutos	25,3	32,3	38,8	43,2	46,6	49,5	51,9	56,1	59,5	62,4	66,3	71,5
45 Minutos	30,5	39	46,8	52,1	56,3	59,7	62,7	67,7	71,8	75,4	80	86,3
1 HORA	34,3	43,8	52,7	58,6	63,3	67,2	70,5	76,1	80,7	84,8	89,9	97,1
2 HORAS	43,6	55,7	66,9	74,5	80,5	85,4	89,6	96,7	102,6	107,7	114,3	123,4
3 HORAS	49,2	62,7	75,4	84	90,6	96,2	101	109	115,6	121,4	128,8	139
4 HORAS	53,2	67,8	81,5	90,8	98	104	109,2	117,8	125	131,2	139,2	150,3
5 HORAS	56,3	71,8	86,4	96,2	103,8	110,2	115,6	124,8	132,4	139	147,5	159,2
6 HORAS	59	75,2	90,4	100,7	108,7	115,3	121	130,6	138,6	145,5	154,4	166,6
7 HORAS	61,2	78,1	93,9	104,5	112,8	119,7	125,7	135,7	143,9	151,1	160,3	173
8 HORAS	63,2	80,6	96,9	108	116,5	123,6	129,8	140,1	148,6	156	165,5	178,7
12 HORAS	69,5	88,6	106,6	118,7	128,1	135,9	142,7	154	163,4	171,5	182	196,4
14 HORAS	72	91,8	110,4	122,9	132,7	140,8	147,8	159,5	169,2	177,6	188,5	203,4
20 HORAS	78	99,4	119,5	133,1	143,7	152,5	160	172,8	183,3	192,4	204,1	220,4
24 HORAS	81,2	103,5	124,5	138,6	149,6	158,8	166,6	179,9	190,8	200,3	212,5	229,4

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em São Lourenço da Serra, foi registrada uma Chuva de 100 mm com duração de 3 horas, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade. 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 100 mm dividido por 3 h é igual a 33,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{33,3(180 + 17,3)^{0,7893}}{883,5} \right]^{1/0,2656} = 29 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 29 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 3,45%, ou

$$P(i \geq 33,3 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{29} 100 = 3,45\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOZZOLI C.R.; PICKBRENER, K. e PINTO, E. J. A. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*: Município: Juquitiba/SP. Estação Pluviográfica: Juquitiba, Códigos: 02347051 (ANA) E4-059R (DAEE) e estação Pluviométrica: Juquitiba II Código: 02347062. São Paulo, SP: CPRM, 2017. 19p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=354995>. Acesso em julho de 2017.

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 (01/Out a 30/Set)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1966	1967	23/12/1966	68,0	1990	1991	02/02/1991	59,7
1967	1968	28/03/1968	78,8	1991	1992	06/10/1991	50,6
1968	1969	29/11/1968	48,1	1992	1993	13/02/1993	69,2
1969	1970	20/01/1970	141,7	1993	1994	07/02/1994	123,8
1970	1971	26/02/1971	79,1	1994	1995	05/02/1995	54,1
1971	1972	09/03/1972	77,7	1995	1996	02/03/1996	88,3
1972	1973	16/01/1973	107,0	1996	1997	25/01/1997	112,4
1973	1974	14/03/1974	81,1	1997	1998	01/03/1998	65,4
1974	1975	13/01/1975	129,9	1998	1999	15/01/1999	48,2
1975	1976	29/01/1976	242,6	1999	2000	28/12/1999	53,1
1976	1977	07/01/1977	95,7	2000	2001	22/11/2000	52,4
1977	1978	09/03/1978	191,5	2001	2002	02/10/2001	112,9
1978	1979	27/12/1978	86,5	2002	2003	08/02/2003	61,7
1979	1980	08/10/1979	59,7	2003	2004	04/02/2004	56,8
1980	1981	17/04/1981	112,3	2004	2005	25/05/2005	121,6
1981	1982	23/01/1982	86,5	2005	2006	03/01/2006	80,8
1982	1983	02/02/1983	96,4	2006	2007	26/11/2006	57,9
1983	1984	19/10/1983	95,8	2007	2008	19/12/2007	76,4
1984	1985	18/03/1985	79,7	2008	2009	25/12/2008	69,3
1985	1986	02/03/1986	56,1	2009	2010	21/01/2010	86,2
1986	1987	15/06/1987	95,5	2010	2011	10/01/2011	81,8
1987	1988	24/05/1988	58,7	2011	2012	28/01/2012	38,9
1988	1989	21/12/1988	101,2	2012	2013	27/02/2013	88,9
1989	1990	14/09/1990	47,6	2013	2014	17/10/2013	42,6

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Capozzoli *et al.* (2017) para o município Juquitiba/SP.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,91	0,74	0,56	0,51	0,46	0,40

Relação 45min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h
0,85	0,71	0,45

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 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

www.cprm.gov.br



PAC