

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: Imbituba

Estação Pluviográfica: Imbituba

Código ANA: 02848007

 **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: Imbituba - SC

**Estação Pluviométrica: Imbituba
Código: 02848007 (ANA)**

**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: Imbituba/SC. Estação Pluviométrica: Imbituba Código 02848007 (ANA) Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – WESCHENFELDER, A.B.; 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 Cruz

Vice-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Conselheiros

Ladice Peixoto

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Telton Elber Correa

Janaina Gomes Pires da Silva

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Cocq D'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

Marilene Fátima Bastos

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 memoriam*)

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 Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado Nascimento – RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS

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

Maximiliano Paschoaloti Messa – Sureg/PA

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 Imbituba/SC onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Imbituba código 02848007 (ANA). Esta estação está localizada no município de Imbituba, aproximadamente a 6,8 km da sede.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Imbituba.

O município de Imbituba está localizado no estado de Santa Catarina. O município possui uma área aproximada de 183 km² (IBGE, 2010) e sua sede localiza-se a uma altitude aproximada de 16 metros. A população de Imbituba, segundo IBGE (2010), é de 40.170 habitantes.

A estação Imbituba, código 02848007, está localizada na Latitude 28°16'14"S e Longitude 48°41'51" O; está inserida na sub-bacia 84, sub-bacia dos rios Tubarão, Araranguá e outros, mais especificamente na lagoa do Mirim que pertence ao Complexo Lagunar Sul Catarinense. A estação pluviométrica localiza-se no município de Imbituba, aproximadamente a 6,8 km da sede do município. Esta estação encontra-se em operação desde 1976 e o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1977 a 2015. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado atualmente pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agrícola de Santa Catarina).

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

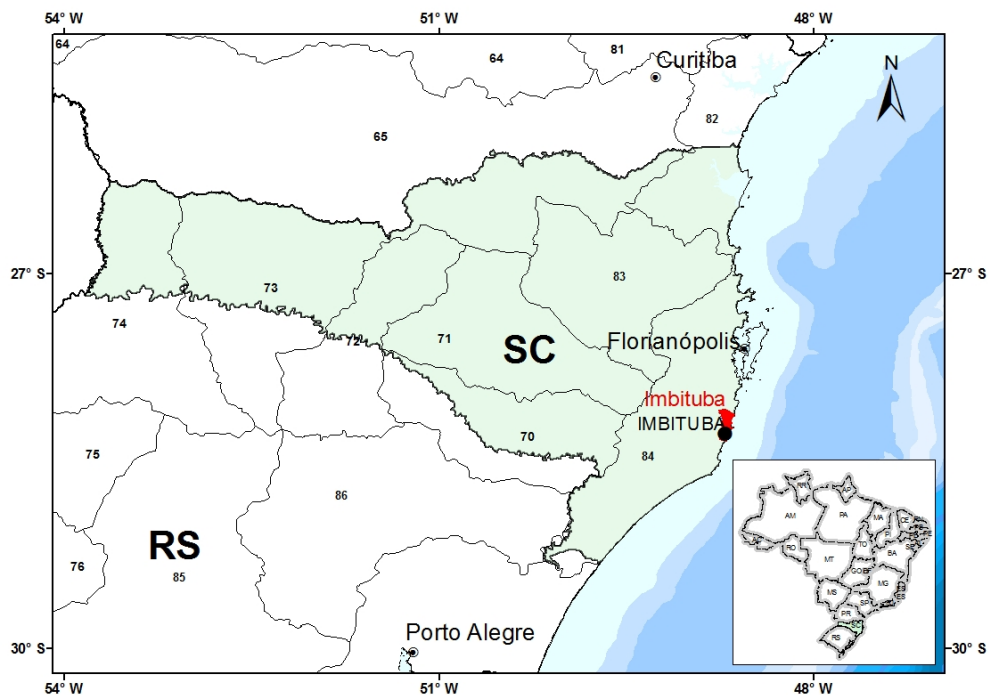


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

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 Imbituba, código 02848007, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano civil 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 de IDF estabelecidas

por Pfafstetter (1982), para a estação de Florianópolis, localizada na capital Florianópolis, distante aproximadamente 79 km da estação desagregada Imbituba. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

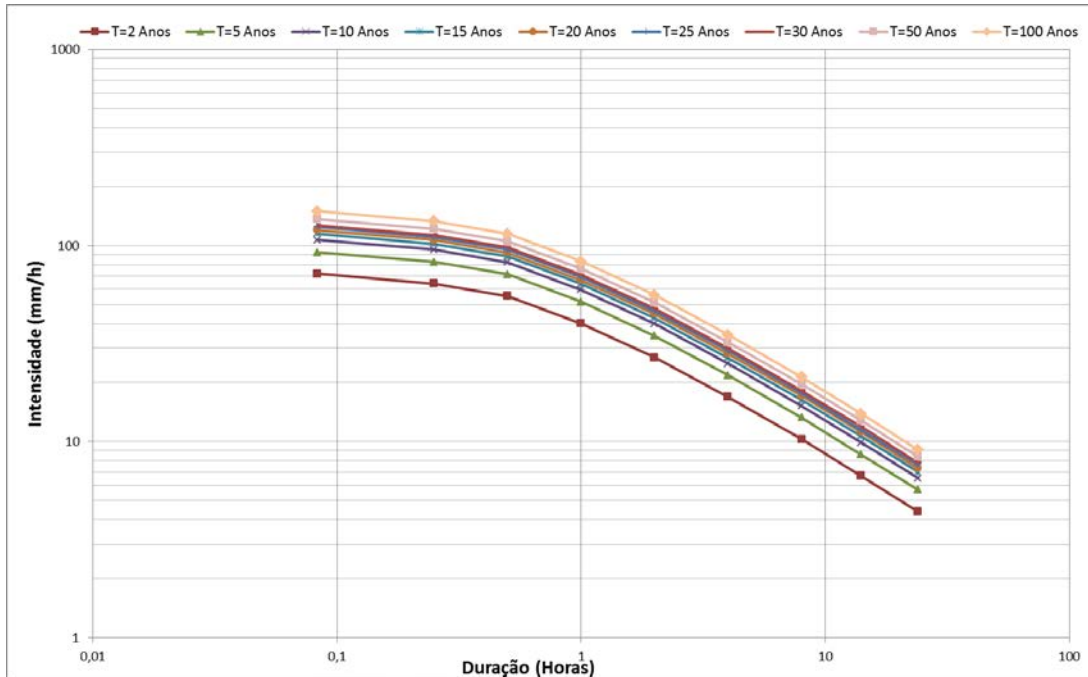


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

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 Imbituba, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

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

$$a = 1235; b = 0,1854; c = 35 \text{ e } d = 0,7772;$$

$$i = \frac{1235 T^{0,1854}}{(t+35)^{0,7772}} \quad (02)$$

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	70	75	100
5 Minutos	79,9	94,7	107,6	116,0	122,4	127,6	131,9	139,2	145,1	150,0	154,4	156,4	164,9
10 Minutos	72,9	86,4	98,2	105,9	111,7	116,4	120,4	127,0	132,4	136,9	140,9	142,7	150,5
15 Minutos	67,1	79,6	90,5	97,6	102,9	107,3	110,9	117,0	122,0	126,2	129,8	131,5	138,7
20 Minutos	62,4	73,9	84,0	90,6	95,6	99,6	103,0	108,7	113,3	117,1	120,5	122,1	128,8
30 Minutos	54,8	64,9	73,8	79,6	83,9	87,5	90,5	95,4	99,5	102,9	105,9	107,2	113,1
45 Minutos	46,6	55,2	62,8	67,7	71,4	74,4	77,0	81,2	84,6	87,5	90,1	91,2	96,2
1 HORA	40,8	48,3	55,0	59,2	62,5	65,1	67,4	71,1	74,1	76,6	78,8	79,8	84,2
2 HORAS	27,9	33,0	37,6	40,5	42,7	44,5	46,0	48,6	50,6	52,4	53,9	54,6	57,6
3 HORAS	21,6	25,6	29,1	31,4	33,1	34,5	35,7	37,7	39,3	40,6	41,8	42,3	44,6
4 HORAS	17,8	21,2	24,1	25,9	27,4	28,5	29,5	31,1	32,4	33,5	34,5	35,0	36,9
5 HORAS	15,3	18,1	20,6	22,2	23,5	24,5	25,3	26,7	27,8	28,8	29,6	30,0	31,6
6 HORAS	13,5	16,0	18,2	19,6	20,6	21,5	22,3	23,5	24,5	25,3	26,0	26,4	27,8
7 HORAS	12,1	14,3	16,3	17,5	18,5	19,3	19,9	21,0	21,9	22,7	23,3	23,6	24,9
8 HORAS	11,0	13,0	14,8	15,9	16,8	17,5	18,1	19,1	19,9	20,6	21,2	21,5	22,6
12 HORAS	8,1	9,6	11,0	11,8	12,5	13,0	13,5	14,2	14,8	15,3	15,7	15,9	16,8
14 HORAS	7,3	8,6	9,8	10,5	11,1	11,6	12,0	12,7	13,2	13,6	14,0	14,2	15,0
20 HORAS	5,6	6,6	7,5	8,1	8,5	8,9	9,2	9,7	10,1	10,4	10,7	10,9	11,5
24 HORAS	4,8	5,7	6,5	7,0	7,4	7,7	8,0	8,4	8,8	9,1	9,4	9,5	10,0

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	70	75	100
5 Minutos	6,7	7,9	9,0	9,7	10,2	10,6	11,0	11,6	12,1	12,5	12,9	13,0	13,7
10 Minutos	12,1	14,4	16,4	17,6	18,6	19,4	20,1	21,2	22,1	22,8	23,5	23,8	25,1
15 Minutos	16,8	19,9	22,6	24,4	25,7	26,8	27,7	29,3	30,5	31,5	32,5	32,9	34,7
20 Minutos	20,8	24,6	28,0	30,2	31,9	33,2	34,3	36,2	37,8	39,0	40,2	40,7	42,9
30 Minutos	27,4	32,5	36,9	39,8	42,0	43,7	45,2	47,7	49,7	51,4	52,9	53,6	56,6
45 Minutos	35,0	41,4	47,1	50,8	53,6	55,8	57,7	60,9	63,5	65,7	67,6	68,4	72,2
1 HORA	40,8	48,3	55,0	59,2	62,5	65,1	67,4	71,1	74,1	76,6	78,8	79,8	84,2
2 HORAS	55,7	66,1	75,1	81,0	85,4	89,0	92,1	97,1	101,2	104,7	107,8	109,1	115,1
3 HORAS	64,8	76,8	87,4	94,2	99,4	103,6	107,1	113,0	117,8	121,8	125,3	127,0	133,9
4 HORAS	71,4	84,6	96,2	103,7	109,4	114,0	118,0	124,4	129,7	134,1	138,0	139,8	147,5
5 HORAS	76,6	90,7	103,2	111,2	117,3	122,3	126,5	133,4	139,0	143,8	148,0	149,9	158,1
6 HORAS	80,8	95,8	108,9	117,4	123,9	129,1	133,5	140,9	146,8	151,8	156,3	158,3	166,9
7 HORAS	84,5	100,1	113,9	122,7	129,5	134,9	139,6	147,2	153,4	158,7	163,3	165,4	174,5
8 HORAS	87,7	103,9	118,2	127,4	134,4	140,1	144,9	152,8	159,3	164,7	169,5	171,7	181,1
12 HORAS	97,7	115,8	131,7	142,0	149,7	156,1	161,4	170,3	177,5	183,6	188,9	191,3	201,8
14 HORAS	101,6	120,5	137,0	147,7	155,8	162,3	167,9	177,1	184,6	191,0	196,5	199,0	209,9
20 HORAS	111,1	131,7	149,7	161,4	170,2	177,4	183,5	193,6	201,8	208,7	214,8	217,5	229,4
24 HORAS	116,1	137,6	156,5	168,7	178,0	185,5	191,8	202,4	210,9	218,2	224,5	227,4	239,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Imbituba, foi registrada uma chuva de 70 mm com duração de 45 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:*

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 70 mm dividido por 45 minutos é igual a 93,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{93,3(45 + 35)^{0,7772}}{1235} \right]^{1/0,1854} = 84,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 84,6 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,2%, ou:

$$P \left(i \geq 93,3 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \right) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{84,7} 100 = 1,2\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=420730>. Acesso em março de 2017.

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.

SANTA CATARINA. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente. *Codificação dos cursos d'água do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: SDS, 2003. 20 mapas.

ANEXO I
Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximo por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1977	1977	18/08/1977	86,6
1978	1978	22/03/1978	78,4
1979	1979	24/02/1979	150,6
1980	1980	21/12/1980	107,0
1981	1981	27/05/1981	100,0
1983	1983	13/06/1983	135,6
1984	1984	15/01/1984	96,2
1985	1985	15/02/1985	84,0
1988	1988	19/01/1988	75,0
1989	1989	12/09/1989	68,2
1990	1990	25/12/1990	75,0
1993	1993	25/09/1993	101,6
1994	1994	12/05/1994	140,7
1995	1995	20/10/1995	92,4
1996	1996	02/03/1996	64,5
1997	1997	24/08/1997	91,2
1998	1998	11/12/1998	144,5
1999	1999	02/10/1999	45,4
2000	2000	13/04/2000	93,0
2001	2001	01/10/2001	98,6
2002	2002	11/01/2002	92,7
2003	2003	31/12/2003	43,8
2004	2004	15/09/2004	133,0
2005	2005	10/08/2005	125,7
2006	2006	20/11/2006	64,7
2007	2007	02/04/2007	99,2
2008	2008	01/02/2008	167,5
2009	2009	28/09/2009	113,2
2010	2010	12/05/2010	117,7
2011	2011	09/08/2011	105,7
2012	2012	16/11/2012	108,9
2013	2013	09/02/2013	94,2
2014	2014	27/03/2014	65,3
2015	2015	27/05/2015	84,1

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 Florianópolis/SC.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,89	0,78	0,64	0,51	0,38

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,69	0,40	0,15

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