

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: José Boiteux

Estação Pluviométrica: Barragem Norte

Código ANA: 02649061

 **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: José Boiteux/SC

**Estação Pluviométrica: Barragem Norte
Código 02649061**

**PORTO ALEGRE
2013**

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 Porto Alegre

Copyright © 2013 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa
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: José Boiteux. Estação Pluviométrica: Barragem Norte Código 02649061. Adriana B. Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2013.

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

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

Edison Lobão

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

Oswaldo Castanheira

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 REGIONAL DE PORTO ALEGRE

José Leonardo Silva Andriotti
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

Alexandre Goulart
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

Jean Ricardo da Silvado Nascimento -RETE

Margarida Rgueira da Costa-Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato -Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros -Sureg/SP

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida-Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel – REFO

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Eliane Cristina Godoy Moreira-Sureg/SP

Jennifer Laís Assano -Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira-Sureg/SP

Juliana Oliveira-Sureg/BE

Fabiana Ferreira Cordeiro-Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso -Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

Estagiários de Hidrologia

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior-Sureg/MA

Diovana Daus Borges Fortes -Sureg/PA

Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes -Sureg/BH

Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE

Ivo Cleiton Costa Bonfim -REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda-Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros -Sureg/RE

Liomar Santos da Hora-Sureg/SA

Lemia Ribeiro-Sureg/SA

Márcia Faermann -Sureg/PA

Mariana Carolina Lima de Oliveira-Sureg/BH

Mayara Luiza de Menezes Oliveira-Sureg/MA

Nayara de Lima Oliveira-Sureg/GO

Pedro da Silva Junqueira-Sureg/PA

Rosangela de Castro – Sureg/SP

Taciana dos Santos Lima–RETE

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero-Sureg/GO

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 José Boiteux onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas anuais da estação pluviométrica de Barragem Norte, código 02649061 operada pela EPAGRI/ANA. Esta estação está localizada a 8 km da sede do município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de José Boiteux e regiões circunvizinhas.

O município de José Boiteux está localizado no estado de Santa Catarina, a 238 km de Florianópolis, capital do estado. O município possui área de 405 km² e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 270 m.

A estação de Barragem Norte, código 02649061, está localizada na Latitude 26°53'42" S e Longitude 49°40'20" W; insere-se a noroeste da sub-bacia 83, mais especificamente na sub-bacia do rio Itajaí do Norte, principal afluente pela margem esquerda do rio Itajaí-Açu que é o principal rio da sub-bacia do rio Itajaí.

A estação pluviométrica localiza-se no município de José Boiteux, aproximadamente a 8 km da sede do município. Esta estação encontra-se em operação desde 1976 e os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro convencional, operado atualmente pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agrícola de Santa Catarina).

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

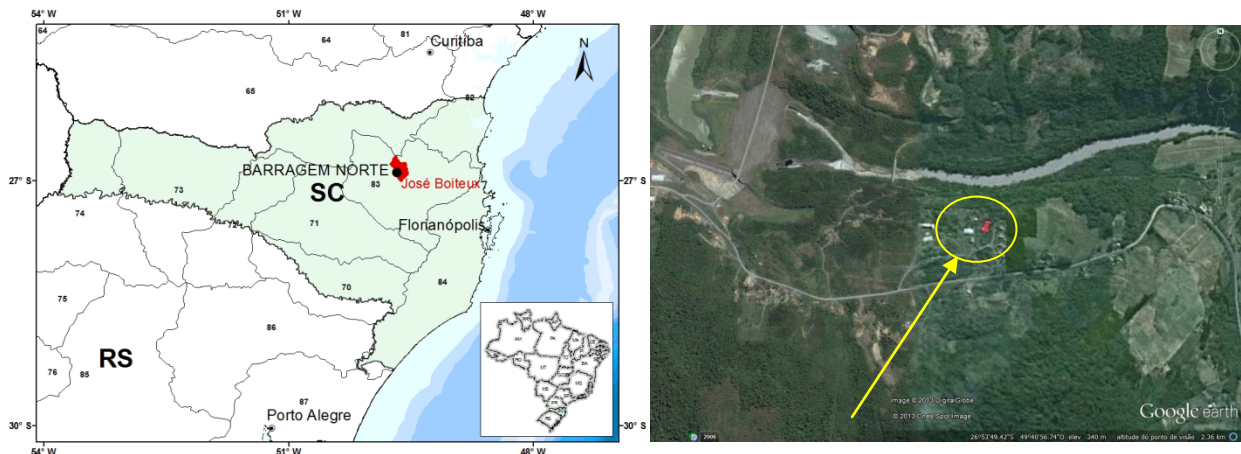


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2013)

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 Barragem Norte código 02649061, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano civil (01/Jan a 31/Dez), 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 Pfafstetter (1982), para a estação de Blumenau, localizada no município de Blumenau, distante aproximadamente 62 km da estação desagregada Barragem Norte. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

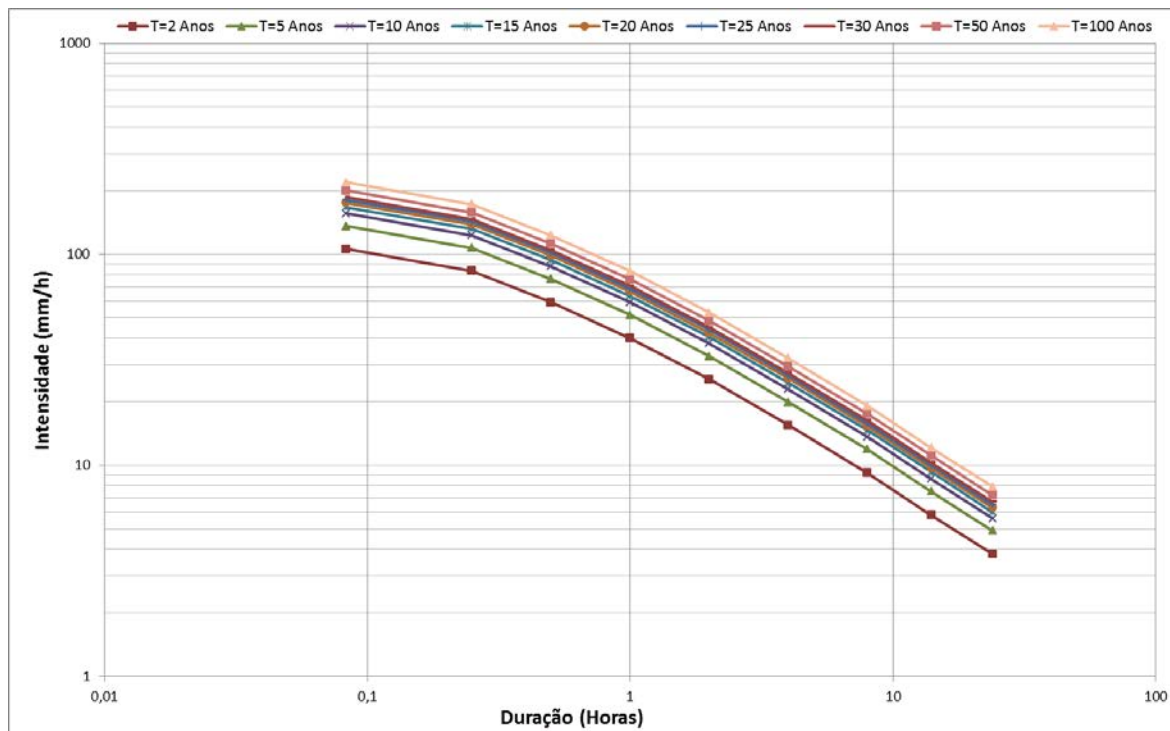


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t \quad (01)$$

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, δ são parâmetros da equação

No caso de Barragem Norte os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 4,3841; b = 13,8643; c = 10,4254; d = 32,93$ e $\delta = 4,6$

$$i = \{[(4,3841 \ln(T) + 13,8643) \cdot \ln(t + (4,6/60))] + 10,4254 \ln(T) + 32,93\} / t \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 24 horas. 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	110,2	136,5	156,3	168	176,2	182,6	187,9	196,1	202,5	207,8	214,2	219,4	222,4
10 Minutos	97,6	120,9	138,4	148,7	156	161,7	166,3	173,6	179,3	183,9	189,6	194,2	196,9
15 Minutos	85	105,2	120,5	129,5	135,8	140,8	144,8	151,1	156,1	160,1	165	169	171,4
20 Minutos	75,3	93,2	106,7	114,6	120,3	124,6	128,2	133,8	138,2	141,7	146,1	149,7	151,7
30 Minutos	61,7	76,4	87,5	94	98,6	102,2	105,1	109,7	113,3	116,2	119,8	122,7	124,4
45 Minutos	49,3	61	69,8	75	78,7	81,6	83,9	87,6	90,4	92,7	95,6	97,9	99,3
1 HORA	41,4	51,3	58,7	63,1	66,2	68,6	70,5	73,6	76	78	80,4	82,3	83,5
2 HORAS	26,3	32,5	37,2	40	41,9	43,5	44,7	46,7	48,2	49,4	51	52,2	52,9
3 HORAS	19,7	24,4	28	30	31,5	32,6	33,6	35	36,2	37,1	38,3	39,2	39,7
4 HORAS	16	19,8	22,7	24,3	25,5	26,5	27,2	28,4	29,3	30,1	31	31,8	32,2
5 HORAS	13,5	16,7	19,2	20,6	21,6	22,4	23	24	24,8	25,5	26,2	26,9	27,3
6 HORAS	11,8	14,6	16,7	17,9	18,8	19,5	20,1	20,9	21,6	22,2	22,9	23,4	23,7
7 HORAS	10,5	12,9	14,8	15,9	16,7	17,3	17,8	18,6	19,2	19,7	20,3	20,8	21,1
8 HORAS	9,4	11,7	13,4	14,4	15,1	15,6	16,1	16,8	17,3	17,8	18,3	18,8	19
12 HORAS	6,9	8,5	9,7	10,4	11	11,3	11,7	12,2	12,6	12,9	13,3	13,6	13,8
14 HORAS	6,1	7,5	8,6	9,2	9,7	10	10,3	10,8	11,1	11,4	11,8	12	12,2
20 HORAS	4,5	5,6	6,4	6,9	7,3	7,5	7,7	8,1	8,3	8,6	8,8	9	9,2
24 HORAS	3,9	4,8	5,5	6	6,3	6,5	6,7	7	7,2	7,4	7,6	7,8	7,9

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	9,2	11,4	13,0	14,0	14,7	15,2	15,7	16,3	16,9	17,3	17,8	18,3	18,5
10 Minutos	16,3	20,1	23,1	24,8	26,0	26,9	27,7	28,9	29,9	30,7	31,6	32,4	32,8
15 Minutos	21,2	26,3	30,1	32,4	34,0	35,2	36,2	37,8	39,0	40,0	41,3	42,3	42,8
20 Minutos	25,1	31,1	35,6	38,2	40,1	41,5	42,7	44,6	46,1	47,2	48,7	49,9	50,6
30 Minutos	30,9	38,2	43,7	47,0	49,3	51,1	52,5	54,9	56,6	58,1	59,9	61,4	62,2
45 Minutos	36,9	45,7	52,4	56,3	59,0	61,2	62,9	65,7	67,8	69,6	71,7	73,4	74,5
1 HORA	41,4	51,3	58,7	63,1	66,2	68,6	70,5	73,6	76,0	78,0	80,4	82,3	83,5
2 HORAS	52,5	65,0	74,4	80,0	83,9	86,9	89,4	93,3	96,4	98,9	101,9	104,4	105,8
3 HORAS	59,2	73,2	83,9	90,1	94,5	97,9	100,7	105,1	108,6	111,4	114,8	117,6	119,2
4 HORAS	63,9	79,1	90,6	97,3	102,1	105,8	108,8	113,6	117,3	120,3	124,0	127,0	128,8
5 HORAS	67,6	83,7	95,9	103,0	108,0	111,9	115,1	120,2	124,1	127,3	131,2	134,4	136,3
6 HORAS	70,7	87,5	100,2	107,6	112,9	117,0	120,3	125,6	129,7	133,0	137,1	140,5	142,4
7 HORAS	73,2	90,6	103,8	111,5	117,0	121,2	124,7	130,2	134,4	137,9	142,1	145,6	147,6
8 HORAS	75,5	93,4	107,0	114,9	120,6	124,9	128,5	134,1	138,5	142,1	146,4	150,0	152,1
12 HORAS	82,3	101,8	116,6	125,3	131,4	136,2	140,1	146,2	151,0	154,9	159,6	163,5	165,8
14 HORAS	84,9	105,0	120,3	129,2	135,6	140,5	144,5	150,8	155,7	159,7	164,7	168,7	171,0
20 HORAS	90,9	112,5	128,8	138,4	145,1	150,4	154,7	161,5	166,7	171,0	176,3	180,6	183,1
24 HORAS	93,9	116,3	133,2	143,0	150,0	155,5	159,9	166,9	172,4	176,8	182,3	186,7	189,3

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em José Boiteux, foi registrada uma Chuva de 42 mm com duração de 15 minutos, 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 42 mm dividido por 0,25 h é igual a 168 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \exp \left[\frac{168.0,25 - 13,8643 \ln(0,25 + (4,6/60)) - 32,93}{4,3841 \ln(0,25 + (4,6/60)) + 10,4254} \right] = 85,9 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 85,9 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,16%, ou

$$P(i \geq 168 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{85,9} 100 = 1,16\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. *Estação pluviométrica de Barragem Norte*. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 17 de setembro de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 17 de setembro de 2013.

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)

Máximos por ano civil (01/Jan a 31/Dez)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1977	1977	16/01/77	70,3
1978	1978	25/12/78	105,0
1979	1979	08/05/79	108,5
1980	1980	20/12/80	103,4
1981	1981	21/12/81	54,8
1982	1982	16/02/82	98,4
1983	1983	03/03/83	79,2
1984	1984	05/08/84	93,8
1985	1985	13/02/85	55,0
1986	1986	30/01/86	51,3
1987	1987	13/06/87	64,0
1988	1988	20/09/88	50,0
1989	1989	11/09/89	65,0
1993	1993	17/02/93	89,0
1994	1994	11/05/94	74,0
1995	1995	26/01/95	142,0
1996	1996	17/06/96	73,0
1997	1997	05/10/97	100,0
1998	1998	23/04/98	65,2
1999	1999	02/07/99	101,0
2000	2000	13/11/00	72,4
2001	2001	30/09/01	85,2
2002	2002	19/04/02	138,0
2003	2003	10/12/03	71,0
2006	2006	17/01/06	66,0
2008	2008	02/10/08	121,2
2009	2009	31/07/09	91,0

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 Blumenau/SC.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,90	0,81	0,68	0,56	0,44

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,74	0,52	0,22

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