

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: Aurora

Estação Pluviométrica: Rio do Sul - Novo

Código ANA: 02749039

 **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: Aurora - SC

**Estação Pluviométrica: Rio do Sul - Novo
Código: 02749039 (ANA)**

**PORTO ALEGRE
2016**

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 @ 2016 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: Aurora/SC. Estação Pluviométrica: Rio do Sul-Novo Código 02749039 (ANA) Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2016.

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

Vicente Humberto Lobo 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)

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

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

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 memorian*)

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Marlon Colombo Hoelzel

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

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 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

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 Weschenfelder *et al.* (2016) para o município de Rio do Sul/sc, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano civil da estação pluviométrica Rio do Sul-Novo, código 02749039 (ANA). Esta estação está localizada no município de Rio do Sul, aproximadamente a 11,6 km da sede do município de Aurora.

1 – INTRODUÇÃO

A equação IDF definida por Weschenfelder *et al.* (2016) para o município de Rio do Sul pode ser utilizada no município de Aurora/SC.

O município de Aurora está localizado no estado de Santa Catarina. O município possui área de 207 Km² e altitude média aproximada de 350 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 5.549 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Rio do Sul-Novo, código 02749039, está localizada na Latitude 27°12'20"S e Longitude 049°37'54" O, e está inserida na sub-bacia 83, sub-bacia do rio Itajaí-Açu, mais especificamente na margem direita do rio Itajaí-Açu principal rio da sub bacia do rio Itajaí-Açu. Esta estação pluviométrica localiza-se no município de Rio do Sul, aproximadamente 11,6 km da sede do município de Aurora. Encontra-se em operação desde 1978 e o período utilizado foi de 1979 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 equação IDF indicada para a cidade de Aurora foi elaborada por Weschenfelder *et al.* (2016) e a metodologia para sua definição está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Rio do Sul-Novo, código 02749039, 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 66 km da estação desagregada Rio do Sul-Novo.

As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

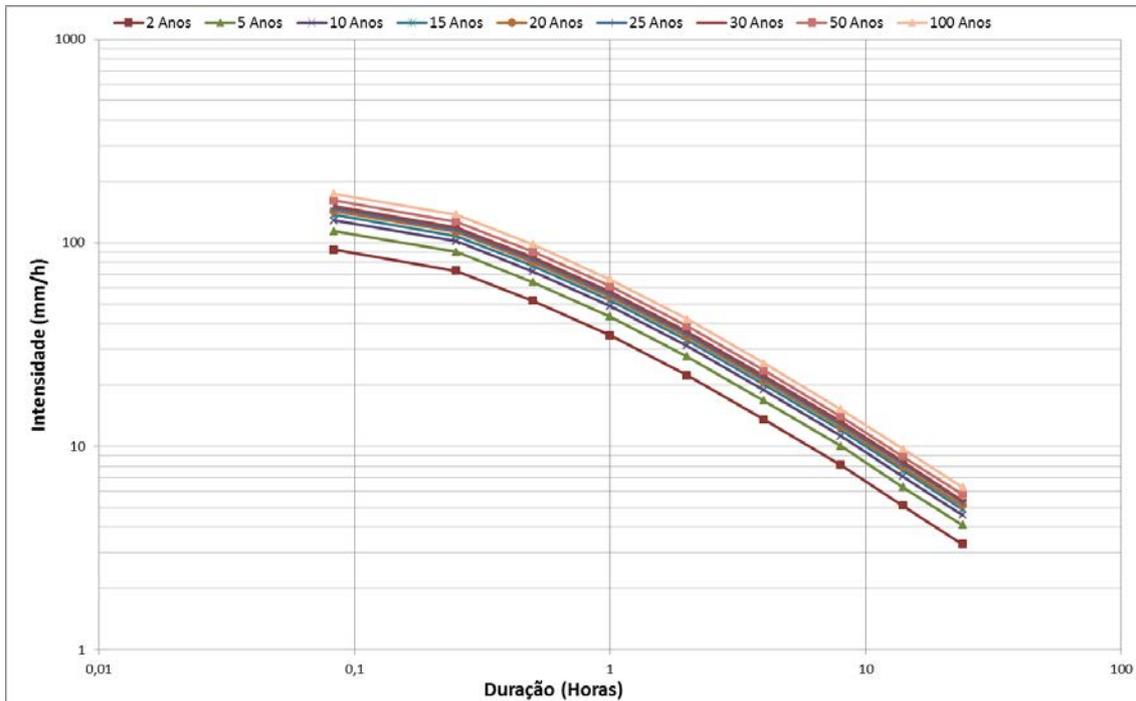


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Rio do Sul-Novo, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

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

$$a = 3,1815; b = 12,4959 ; c = 7,569; d = 29,6731 \text{ e } \delta = 4,6$$

$$i = \{[(3,1815 \ln(T) + 12,4959) \cdot \ln(t + (4,6/60))] + 7,569 \ln(T) + 29,6731\} / t \quad (02)$$

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	95,7	114,9	129,3	137,8	143,8	148,4	152,2	158,2	162,9	166,7	169,9	171,4	177,4
10 Minutos	84,9	101,7	114,5	122,0	127,3	131,4	134,8	140,1	144,2	147,6	150,4	151,7	157,0
15 Minutos	73,9	88,6	99,7	106,2	110,8	114,4	117,3	121,9	125,5	128,4	130,9	132,0	136,6
20 Minutos	65,4	78,4	88,3	94,0	98,1	101,3	103,9	108,0	111,1	113,7	115,9	116,9	121,0
30 Minutos	53,7	64,3	72,4	77,1	80,4	83,0	85,2	88,5	91,1	93,2	95,0	95,8	99,2
45 Minutos	42,8	51,3	57,8	61,5	64,2	66,3	68,0	70,6	72,7	74,4	75,8	76,5	79,1
1 HORA	36,0	43,2	48,6	51,7	54,0	55,7	57,1	59,4	61,1	62,5	63,8	64,3	66,5
2 HORAS	22,8	27,4	30,8	32,8	34,2	35,3	36,2	37,7	38,8	39,7	40,4	40,8	42,2
3 HORAS	17,1	20,6	23,1	24,6	25,7	26,5	27,2	28,3	29,1	29,8	30,4	30,6	31,7
4 HORAS	13,9	16,7	18,7	20,0	20,8	21,5	22,0	22,9	23,6	24,1	24,6	24,8	25,7
5 HORAS	11,8	14,1	15,9	16,9	17,6	18,2	18,7	19,4	20,0	20,4	20,8	21,0	21,7
6 HORAS	10,2	12,3	13,8	14,7	15,3	15,8	16,2	16,9	17,4	17,8	18,1	18,3	18,9
7 HORAS	9,1	10,9	12,3	13,1	13,6	14,1	14,4	15,0	15,4	15,8	16,1	16,2	16,8
8 HORAS	8,2	9,8	11,1	11,8	12,3	12,7	13,0	13,5	13,9	14,2	14,5	14,6	15,2
12 HORAS	6,0	7,1	8,0	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,6	10,6	11,0
14 HORAS	5,3	6,3	7,1	7,6	7,9	8,2	8,4	8,7	8,9	9,2	9,3	9,4	9,7
20 HORAS	4,0	4,7	5,3	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9	7,0	7,1	7,3
24 HORAS	3,4	4,1	4,6	4,9	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	5,9	6,0	6,1	6,3

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	8,0	9,6	10,8	11,5	12,0	12,4	12,7	13,2	13,6	13,9	14,2	14,3	14,8
10 Minutos	14,1	17,0	19,1	20,3	21,2	21,9	22,5	23,3	24,0	24,6	25,1	25,3	26,2
15 Minutos	18,5	22,1	24,9	26,6	27,7	28,6	29,3	30,5	31,4	32,1	32,7	33,0	34,2
20 Minutos	21,8	26,1	29,4	31,3	32,7	33,8	34,6	36,0	37,0	37,9	38,6	39,0	40,3
30 Minutos	26,8	32,2	36,2	38,5	40,2	41,5	42,6	44,3	45,6	46,6	47,5	47,9	49,6
45 Minutos	32,1	38,5	43,3	46,2	48,2	49,7	51,0	53,0	54,5	55,8	56,9	57,4	59,4
1 HORA	36,0	43,2	48,6	51,7	54,0	55,7	57,1	59,4	61,1	62,5	63,8	64,3	66,5
2 HORAS	45,7	54,7	61,6	65,6	68,4	70,7	72,5	75,3	77,5	79,3	80,8	81,5	84,4
3 HORAS	51,4	61,7	69,4	73,9	77,1	79,6	81,6	84,8	87,3	89,3	91,1	91,8	95,0
4 HORAS	55,6	66,6	75,0	79,8	83,3	86,0	88,2	91,6	94,3	96,5	98,4	99,2	102,7
5 HORAS	58,8	70,5	79,3	84,5	88,1	91,0	93,3	97,0	99,8	102,1	104,1	105,0	108,6
6 HORAS	61,4	73,6	82,9	88,3	92,1	95,1	97,5	101,3	104,3	106,7	108,8	109,7	113,5
7 HORAS	63,7	76,3	85,9	91,5	95,4	98,5	101,0	105,0	108,1	110,6	112,7	113,7	117,7
8 HORAS	65,6	78,7	88,5	94,3	98,4	101,5	104,1	108,2	111,4	114,0	116,2	117,2	121,2
12 HORAS	71,5	85,7	96,5	102,8	107,2	110,7	113,5	118,0	121,4	124,2	126,6	127,7	132,2
14 HORAS	73,8	88,4	99,5	106,0	110,6	114,2	117,1	121,7	125,2	128,2	130,6	131,7	136,3
20 HORAS	79,0	94,7	106,6	113,5	118,4	122,2	125,4	130,3	134,1	137,2	139,9	141,0	146,0
24 HORAS	81,7	97,9	110,2	117,3	122,4	126,4	129,6	134,7	138,6	141,9	144,6	145,8	150,9

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Aurora, foi registrada uma Chuva de 60 mm com duração de 1 hora, 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, 60 mm dividido por 1 h é igual a 60,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \exp \left[\frac{60.1 - 12,4959 \ln(1 + (4,6/60)) - 29,6731}{3,1815 \ln(1 + (4,6/60)) + 7,569} \right] = 43,3 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 43,3 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,3%, ou

$$P(i \geq 60,0 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{43,3} 100 = 2,3\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420190&search=santa-catarina|aurora>. Acesso em outubro de 2016.

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. 20mapas.

WESCHENFELDER, A. B.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*: Município Rio do Sul, Estação Pluviométrica Rio do Sul - Novo, Código 02749039. Porto Alegre: CPRM, 2016. 12p. 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 Civil (01/Jan a 31/Dez)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1979	1979	07/10/79	49,0
1980	1980	30/07/80	101,5
1981	1981	22/12/81	47,4
1982	1982	24/02/82	58,9
1983	1983	23/09/83	98,7
1984	1984	06/08/84	109,6
1985	1985	10/03/85	118
1986	1986	10/10/86	59,8
1987	1987	14/06/87	66,2
1988	1988	17/02/88	77,6
1989	1989	28/01/89	58,4
1990	199	30/05/90	99,1
1991	1991	21/06/91	75,8
1992	1992	01/07/92	76,4
1993	1993	14/02/93	79,3
1994	1994	12/05/94	61,6
1995	1995	04/08/95	66,4
1996	1996	11/12/96	55,7
1997	1997	27/11/97	67,2
1999	1999	03/07/99	85,6
2000	2000	21/11/00	85,0
2001	2001	07/01/01	62,7
2002	2002	20/04/02	79,6
2003	2003	12/12/03	58,8
2004	2004	14/09/04	90,4
2005	2005	19/05/05	88,3
2006	2006	19/11/06	60,4
2007	2007	09/07/07	72,2
2008	2008	05/10/08	40,8
2009	2009	28/09/09	57,9
2010	2010	23/04/10	80,5
2011	2011	09/09/11	86,0
2012	2012	23/10/12	69,0
2013	2013	06/03/13	59,0
2014	2014	14/02/14	85,0
2015	2015	17/10/15	57,2

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 45 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