

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: Porto de Moz
Estação Pluviográfica: Itapéua do Pará
Código ANA: 00252001

 **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: Porto de Moz - PA

**Estação Pluviométrica: Itapéua do Pará
Código: 00252001**

**BELO HORIZONTE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência de Belo Horizonte

Copyright © 2017 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 – Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: 0(xx)(31)3878-0376
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383
<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: Porto de Moz/PA. Estação Pluviométrica: Itapéua do Pará, Código 00252001. Luana Kessia Lucas Alves Martins; Eber José de Andrade Pinto. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2017.

11p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – MARTINS, L. K. L. A.; 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

Esteves Pedro Colnago

Conselheiros

Cassio Roberto da Silva

Cassiano de Souza Alves

Elmer Prata Salomão

Paulo Cesar Abrão

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente (Interino)

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antonio Carlos Bacelar Nunes

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 (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Leandro Lima
Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcio Antônio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Júlio Murilo Martino Pinho
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Margareth Marques dos Santos
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

e Achiles Monteiro (*In memorian*)

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico
Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade
Tiago Antonelli

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

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 Porto de Moz, estado do Pará, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Itapéua do Pará, código 00252001.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada para o município de Porto de Moz, localizado na microrregião de Almeirim e na Mesorregião Baixo Amazonas, distando cerca de 419 km em linha reta da capital Belém. O município de Porto de Moz possui área de 17.423,017 km², uma população estimada em 37.669 habitantes (IBGE, 2014) e faz divisa com nove municípios também do Estado do Pará.

A estação Itapéua do Pará, código 00252001, está localizada no município de Porto de Moz, distando cerca de 100 km da Sede Municipal e 86 km da estação pluviográfica Prainha, localizada no município Prainha. Os registros na estação Itapéua tiveram início em 01/01/1986, sendo operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e suas coordenadas são: Latitude 2°20'11"S e Longitude 52°55'07"W. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo Ville de Paris. A Figura 01 apresenta à esquerda a localização do município de Porto de Moz no Pará e, à direita, a localização da estação Itapéua do Pará e da estação pluviográfica de Prainha.

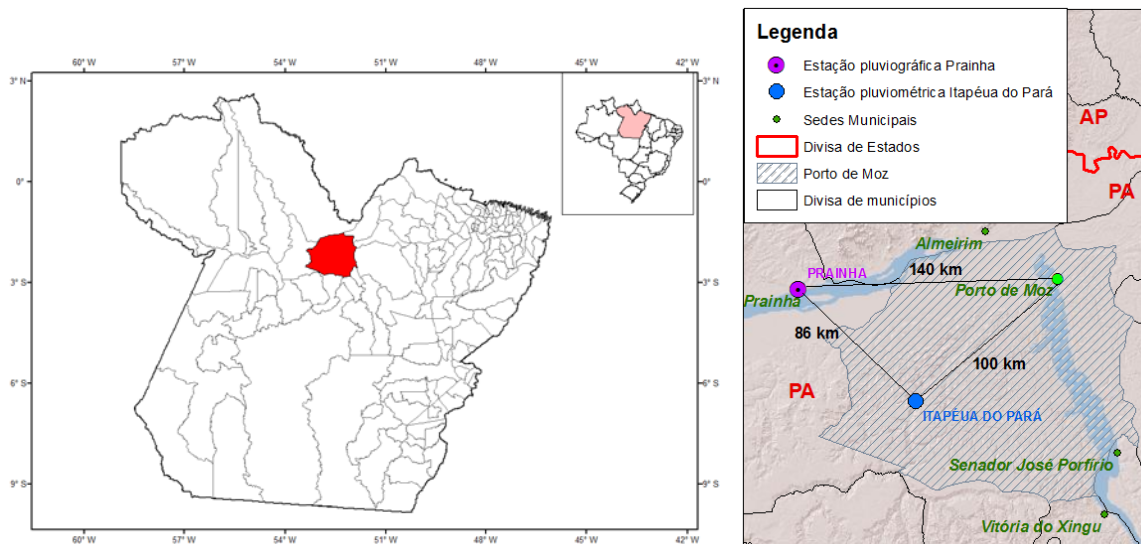


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Itapéua do Pará, código 00252001, 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 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 a IDF estabelecida para a estação Prainha (AZAMBUJA; PINTO, 2015). As referidas relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A estação Prainha, código 00153000, também é operada pelo CPRM e pode ser visualizada na Figura 01 acima.

A Figura 02 a seguir apresenta as curvas ajustadas.

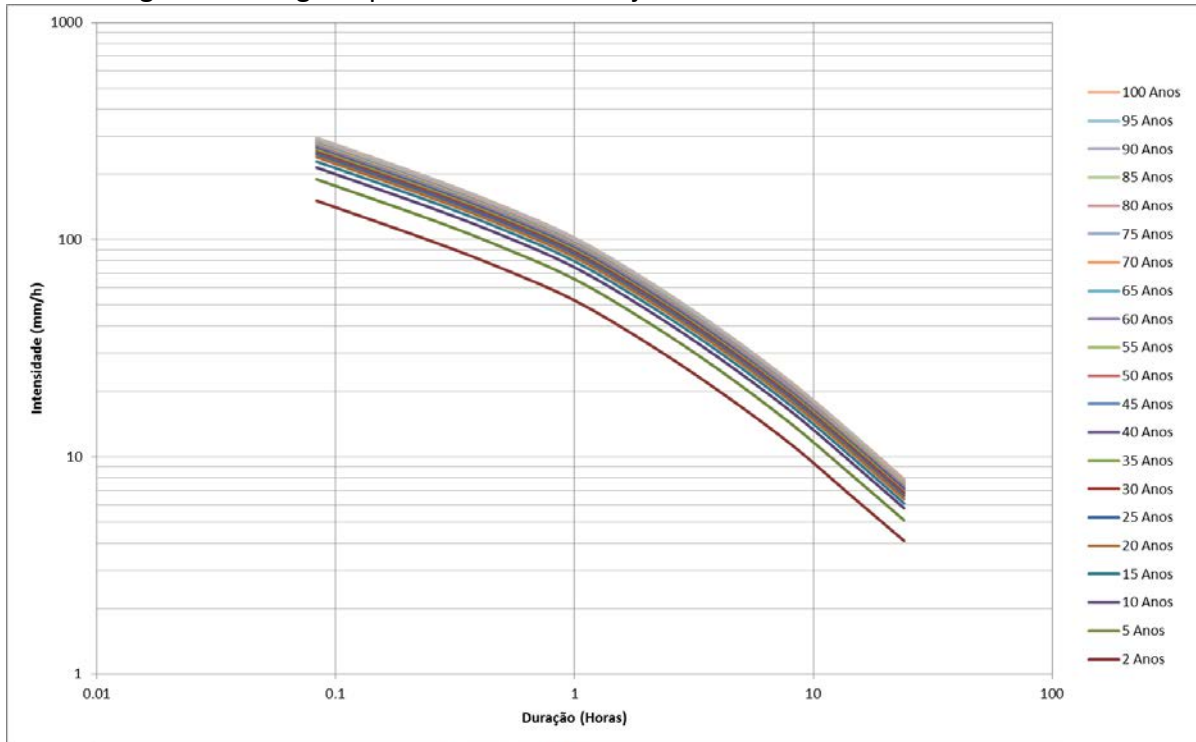


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 da estação Itapéua do Pará foram definidas duas equações conforme os seguintes parâmetros:

$$5 \text{ min} \leq t \leq 4 \text{ h}$$

$$a = 851,9; b = 0,1808; c = 9; d = 0,6835$$

$$i = \frac{851,9T^{0,1808}}{(t+9)^{0,6835}} \quad (02)$$

$$4 \text{ h} < t \leq 24 \text{ h}$$

$$a = 2872,9; b = 0,1778; c = 0; d = 0,9073$$

$$i = \frac{2872,9T^{0,1778}}{(t)^{0,9073}} \quad (03)$$

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	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	159,0	187,7	212,7	228,9	241,1	251,0	273,3	284,6	294,1	306,2	316,5	322,6
10 Minutos	129,1	152,3	172,6	185,8	195,7	203,8	221,8	231,0	238,7	248,5	256,9	261,8
15 Minutos	110,0	129,8	147,2	158,4	166,8	173,7	189,1	196,9	203,5	211,8	218,9	223,2
20 Minutos	96,7	114,1	129,3	139,1	146,6	152,6	166,1	173,0	178,8	186,1	192,4	196,1
30 Minutos	78,9	93,2	105,6	113,6	119,7	124,6	135,7	141,3	146,0	152,0	157,1	160,1
45 Minutos	63,2	74,6	84,5	91,0	95,8	99,8	108,6	113,1	116,9	121,7	125,8	128,2
1 HORA	53,5	63,1	71,5	76,9	81,1	84,4	91,9	95,7	98,9	102,9	106,4	108,4
2 HORAS	34,9	41,1	46,6	50,2	52,8	55,0	59,9	62,4	64,5	67,1	69,4	70,7
3 HORAS	26,8	31,7	35,9	38,6	40,7	42,4	46,1	48,0	49,6	51,7	53,4	54,5
4 HORAS	22,2	26,2	29,7	32,0	33,7	35,1	38,2	39,8	41,1	42,8	44,3	45,1
5 HORAS	18,4	21,6	24,5	26,3	27,7	28,8	31,3	32,6	33,6	35,0	36,2	36,8
6 HORAS	15,6	18,3	20,7	22,3	23,5	24,4	26,5	27,6	28,5	29,7	30,7	31,2
7 HORAS	13,5	15,9	18,0	19,4	20,4	21,2	23,1	24,0	24,8	25,8	26,7	27,2
8 HORAS	12,0	14,1	16,0	17,2	18,1	18,8	20,4	21,3	22,0	22,9	23,6	24,1
12 HORAS	8,3	9,8	11,1	11,9	12,5	13,0	14,1	14,7	15,2	15,8	16,3	16,7
14 HORAS	7,2	8,5	9,6	10,3	10,9	11,3	12,3	12,8	13,2	13,8	14,2	14,5
20 HORAS	5,2	6,1	7,0	7,5	7,9	8,2	8,9	9,3	9,6	10,0	10,3	10,5
24 HORAS	4,4	5,2	5,9	6,3	6,7	6,9	7,5	7,8	8,1	8,4	8,7	8,9

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	13,3	15,6	17,7	19,1	20,1	20,9	22,8	23,7	24,5	25,5	26,4	26,9
10 Minutos	21,5	25,4	28,8	31,0	32,6	34,0	37,0	38,5	39,8	41,4	42,8	43,6
15 Minutos	27,5	32,5	36,8	39,6	41,7	43,4	47,3	49,2	50,9	53,0	54,7	55,8
20 Minutos	32,2	38,0	43,1	46,4	48,9	50,9	55,4	57,7	59,6	62,0	64,1	65,4
30 Minutos	39,5	46,6	52,8	56,8	59,9	62,3	67,8	70,6	73,0	76,0	78,6	80,1
45 Minutos	47,4	55,9	63,4	68,2	71,9	74,8	81,5	84,8	87,7	91,3	94,3	96,2
1 HORA	53,5	63,1	71,5	76,9	81,1	84,4	91,9	95,7	98,9	102,9	106,4	108,4
2 HORAS	69,7	82,3	93,2	100,3	105,7	110,0	119,8	124,7	128,9	134,2	138,7	141,4
3 HORAS	80,5	95,0	107,7	115,9	122,1	127,1	138,4	144,1	148,9	155,1	160,3	163,4
4 HORAS	88,9	105,0	119,0	128,0	134,9	140,4	152,9	159,2	164,5	171,3	177,0	180,4
5 HORAS	91,9	108,2	122,3	131,5	138,4	144,0	156,5	162,9	168,2	175,1	180,8	184,2
6 HORAS	93,5	110,0	124,4	133,7	140,8	146,5	159,2	165,7	171,1	178,0	183,9	187,4
7 HORAS	94,8	111,6	126,2	135,7	142,8	148,6	161,5	168,0	173,6	180,6	186,6	190,1
8 HORAS	96,0	113,0	127,8	137,4	144,6	150,4	163,5	170,1	175,7	182,9	188,9	192,5
12 HORAS	99,7	117,3	132,7	142,6	150,1	156,2	169,8	176,7	182,5	189,9	196,1	199,8
14 HORAS	101,1	119,0	134,6	144,7	152,3	158,4	172,2	179,2	185,1	192,6	198,9	202,7
20 HORAS	104,5	123,0	139,1	149,5	157,4	163,7	178,0	185,2	191,3	199,1	205,6	209,5
24 HORAS	106,3	125,1	141,5	152,1	160,1	166,5	181,0	188,4	194,6	202,5	209,1	213,1

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Porto de Moz, foi registrada uma chuva de 200 mm com duração de 24 horas. 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 200 mm dividido por 24 h (1440 minutos) é igual a 8,33 mm/h. Utilizando os parâmetros ilustrados na equação 03 e substituindo os valores de intensidade e duração na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{8,33(1440 + 0)^{0,9073}}{2872,9} \right]^{1/0,1778} = 70 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 70 anos corresponde a uma probabilidade de 1,4% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou:

$$P(i \geq 200\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{70} 100 = 1,4\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZAMBUJA, A.M.S. de; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: Prainha. Estação Pluviográfica: Prainha, Código 00153000.* Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Belém. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. *Cidades*. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/83X> Acesso em junho de 2015.

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

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1985	1986	19/4/1986	65
1986	1987	3/1/1987	69,8
1987	1988	1/4/1988	104
1988	1989	30/1/1989	72,5
1989	1990	27/6/1990	88,6
1990	1991	18/1/1991	126,3
1991	1992	23/3/1992	77,2
1992	1993	23/4/1993	84,9
1993	1994	20/5/1994	100
1994	1995	5/4/1995	80
1995	1996	19/4/1996	122,1
1996	1997	1/12/1996	90
1997	1998	5/5/1998	58,4
1998	1999	31/1/1999	87,3
1999	2000	21/2/2000	100,01
2000	2001	5/6/2001	66,3
2001	2002	25/5/2002	87,5
2002	2003	27/1/2003	88,5
2003	2004	21/2/2004	94,5
2004	2005	7/5/2005	80,9
2005	2006	25/4/2006	55,6
2006	2007	4/3/2007	72,51
2007	2008	31/5/2008	45,3
2008	2009	15/6/2009	113
2009	2010	20/4/2010	106,6
2010	2011	20/4/2011	151,9
2010	2011	22/10/2011	123,8
2012	2013	7/2/2013	83,2
2013	2014	2/3/2014	97,2

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Azambuja e Pinto (2015) para o município de Prainha/PA.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,98	0,94	0,83	0,69	0,69	0,54

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,83	0,70	0,47	0,41	0,24

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 Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0300 - Fax: 31 3878-0383

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
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br



PAC