

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: Mendes

Estação Pluviométrica: UEL - Santa Cecília Tomada d'água

Código LIGHT: 02243205

 **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: Mendes - RJ

**Estação Pluviométrica: UEL - Santa Cecília Tomada d'água,
Código LIGHT 02243205**

**TERESINA
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
Residência de Teresina

Copyright @ 2017 CPRM – Residência de Teresina
Rua Goiás, 312 – Frei Serafim
Teresina - PI - 64.001-620
Telefone: 0(xx)(86)3222-4153
Fax: 0(xx)(86) 3223-6188
<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: Mendes. Estação Pluviométrica: UEL - Santa Cecília Tomada d'água, Código 02243205. Jean Ricardo da Silva do Nascimento; José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Teresina, PI: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - NASCIMENTO, J. R. S.; FARIAS J. A. M.; 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

Antônio 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

RESIDÊNCIA DE TERESINA

Evaldo Lira
Chefe da Residência

Jean Ricardo da Silva Nascimento
Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial

Francisco Rubens de Sousa
Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Francisca de Paula da Silva e Lima
Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Thiago Moraes Sousa
Assistente 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 Mendes/RJ em que foi utilizada a estação pluviométrica UEL - Santa Cecília Tomada d'água, código 02243205.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Mendes/RJ e regiões circunvizinhas.

O município de Mendes está localizado no Estado do Rio de Janeiro, na região centro-sul do estado, fazendo fronteira com os municípios de Barra do Piraí, Engenheiro Paulo de Frontin, Paracambi, Piraí e Vassouras. Possui área de 97,035 km² (IBGE). Segundo o IBGE, apresenta no ano de 2014 uma população estimada de 18.086 habitantes.

A Estação UEL - Santa Cecília Tomada d'água, Código LIGHT 02243205, está localizada na Latitude 22°28'55"S e Longitude 43°50'21"W, dentro do município de Barra do Piraí/RJ. Essa estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1920, sendo atualmente operada pela LIGHT. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fontes: Wikipédia e Google Earth, 2015)

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 UEL-Santa Cecília Tomada d'água, Código LIGHT 02243205, 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 as relações IDF estabelecidas por Otto Pfafstetter para a estação Vassouras, no Estado do Rio de Janeiro.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

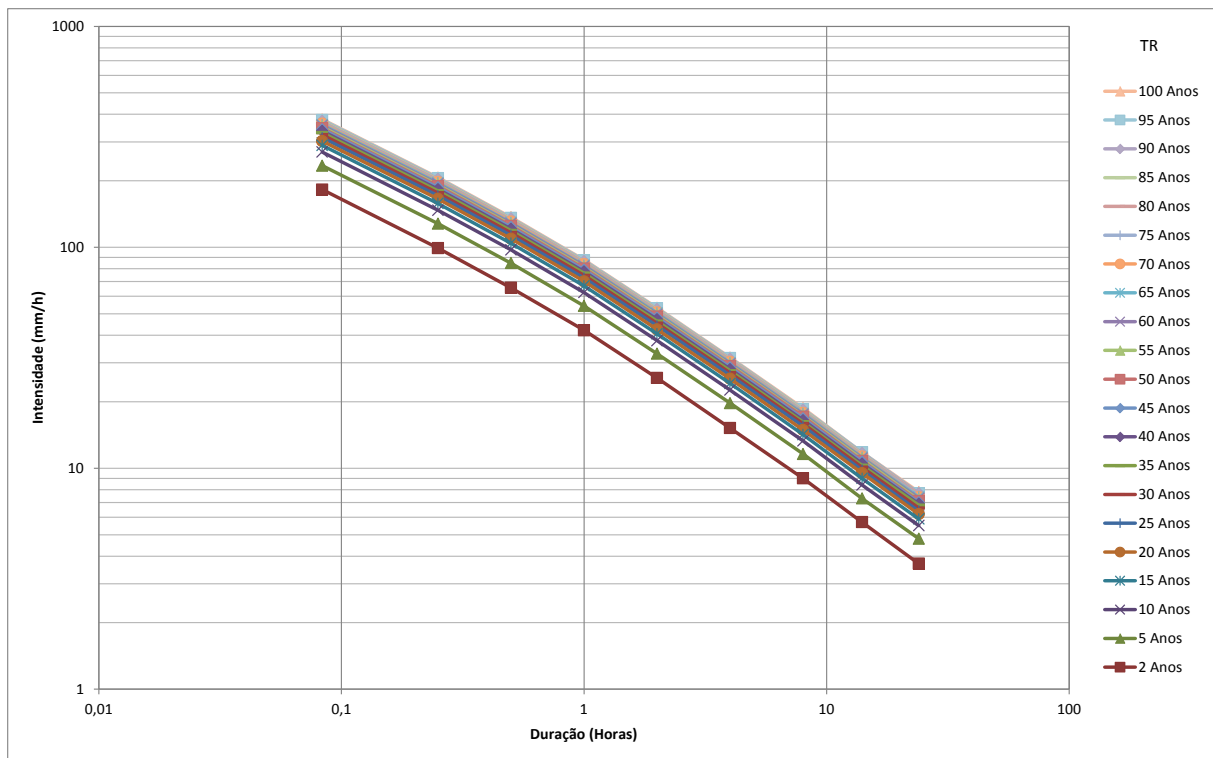


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

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

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

a, b, c, d, δ são parâmetros da equação

No caso de Mendes, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 4,0622; b = 12,6907; c = 10,9859; d = 34,2999 \text{ e } \delta = 6$$

$$i = \{[(4,0622 \ln(T) + 12,6907) \cdot \ln(t + (6/60))] + 10,9859 \ln(T) + 34,2999\} / t \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 4,4217; b = 13,8399; c = 9,9413; d = 31,0548 \text{ e } \delta = 23$$

$$i = \{[(4,4217 \ln(T) + 13,8399) \cdot \ln(t + (23/60))] + 9,9413 \ln(T) + 31,0548\} / t \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno 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 de Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	187,3	232,3	266,4	286,3	300,4	311,4	334,5	345,5	354,4	365,4	374,3	379,5
10 Minutos	128,5	159,4	182,8	196,4	206,1	213,6	229,5	237,0	243,1	250,7	256,8	260,3
15 Minutos	102,5	127,2	145,8	156,7	164,4	170,4	183,1	189,1	194,0	200,0	204,9	207,7
20 Minutos	86,8	107,7	123,5	132,7	139,3	144,3	155,0	160,1	164,3	169,4	173,5	175,9
30 Minutos	68,0	84,3	96,7	103,9	109,0	113,0	121,4	125,4	128,6	132,6	135,8	137,7
45 Minutos	52,5	65,1	74,7	80,3	84,2	87,3	93,8	96,8	99,4	102,4	104,9	106,4
1 HORA	43,4	53,8	61,7	66,3	69,6	72,1	77,5	80,0	82,1	84,6	86,7	87,9
2 HORAS	26,3	32,6	37,4	40,2	42,2	43,7	47,0	48,5	49,8	51,3	52,5	53,3
3 HORAS	19,5	24,2	27,7	29,8	31,3	32,4	34,8	36,0	36,9	38,0	39,0	39,5
4 HORAS	15,7	19,5	22,4	24,0	25,2	26,1	28,1	29,0	29,7	30,7	31,4	31,8
5 HORAS	13,3	16,5	18,9	20,3	21,3	22,1	23,7	24,5	25,1	25,9	26,5	26,9
6 HORAS	11,5	14,3	16,4	17,6	18,5	19,2	20,6	21,3	21,8	22,5	23,1	23,4
7 HORAS	10,2	12,7	14,6	15,7	16,4	17,0	18,3	18,9	19,4	20,0	20,5	20,7
8 HORAS	9,2	11,5	13,1	14,1	14,8	15,3	16,5	17,0	17,5	18,0	18,4	18,7
12 HORAS	6,7	8,3	9,5	10,2	10,7	11,1	12,0	12,4	12,7	13,1	13,4	13,6
14 HORAS	5,9	7,4	8,4	9,1	9,5	9,8	10,6	10,9	11,2	11,6	11,8	12,0
20 HORAS	4,4	5,5	6,3	6,8	7,1	7,4	7,9	8,2	8,4	8,7	8,9	9,0
24 HORAS	3,8	4,7	5,4	5,9	6,1	6,4	6,8	7,1	7,2	7,5	7,6	7,8

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração de Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	15,6	19,4	22,2	23,9	25,0	26,0	27,9	28,8	29,5	30,4	31,2	31,6
10 Minutos	21,4	26,6	30,5	32,7	34,4	35,6	38,2	39,5	40,5	41,8	42,8	43,4
15 Minutos	25,6	31,8	36,5	39,2	41,1	42,6	45,8	47,3	48,5	50,0	51,2	51,9
20 Minutos	28,9	35,9	41,2	44,2	46,4	48,1	51,7	53,4	54,8	56,5	57,8	58,6
30 Minutos	34,0	42,2	48,3	51,9	54,5	56,5	60,7	62,7	64,3	66,3	67,9	68,9
45 Minutos	39,4	48,9	56,0	60,2	63,2	65,5	70,3	72,6	74,5	76,8	78,7	79,8
1 HORA	43,4	53,8	61,7	66,3	69,6	72,1	77,5	80,0	82,1	84,6	86,7	87,9
2 HORAS	52,6	65,3	74,8	80,4	84,4	87,4	93,9	97,0	99,5	102,6	105,1	106,5
3 HORAS	58,6	72,6	83,2	89,4	93,9	97,3	104,5	107,9	110,7	114,1	116,9	118,5
4 HORAS	62,9	78,0	89,4	96,1	100,9	104,5	112,3	116,0	119,0	122,6	125,6	127,4
5 HORAS	66,4	82,3	94,4	101,4	106,4	110,3	118,5	122,4	125,5	129,4	132,6	134,4
6 HORAS	69,3	85,9	98,5	105,8	111,0	115,1	123,6	127,7	131,0	135,0	138,3	140,2
7 HORAS	71,7	89,0	102,0	109,6	115,0	119,2	128,0	132,2	135,6	139,8	143,2	145,2
8 HORAS	73,9	91,6	105,0	112,9	118,4	122,7	131,8	136,2	139,7	144,0	147,5	149,6
12 HORAS	80,5	99,8	114,4	122,9	129,0	133,7	143,6	148,3	152,1	156,8	160,7	162,9
14 HORAS	83,0	102,9	118,0	126,8	133,0	137,9	148,1	153,0	156,9	161,8	165,7	168,0
20 HORAS	88,9	110,2	126,4	135,8	142,5	147,7	158,6	163,8	168,1	173,3	177,5	179,9
24 HORAS	91,9	114,0	130,7	140,4	147,3	152,7	164,0	169,4	173,8	179,2	183,5	186,1

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Mendes, foi registrada uma Chuva de 48,5 mm com duração de 15 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial urbana 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 48,5 mm dividido por 0,25 h é igual a 194 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{194.0,25 - 12,6907 \ln(t + (6/60)) - 34,2999}{4,0622 \ln(t + (6/60)) + 10,9859} \right] = 60 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 60 anos corresponde a uma probabilidade de 1,67% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 194 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{60} 100 = 1,67\%$$

O evento ocorrido apresenta um tempo de retorno de 60 anos, o qual é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem urbana de Mendes, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. *Drenagem Urbana: Manual de Projeto*. 3ª ed, São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

DAEE. Precipitações Intensas no Estado de São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica DAEE / Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos - USP, Dezembro de 2013.

FENDRICH, R. *Chuvvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná*. 3ª Edição Ampliada. Curitiba-PR, 2011.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em setembro de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330280&search=rio-de-janeiro|mendes>. Acesso em julho de 2015.

PFAFSTETTER, O. *Chuvvas 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.

TABORGA, J. T. *Práticas Hidrológicas*. TRANSCON Consultoria Técnica Ltda. Rio de Janeiro, RJ, 1974.

WIKIPEDIA, 2014. Ficheiro – Rio de Janeiro – Município: Mendes. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mendes>. Acesso em julho de 2015.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)

Máximo por Ano Hidrológico (01/Out a 30/Set)

Data	P Max Diária	Data	P Max Diária
22/02/1921	102,00	23/01/1969	76,20
13/03/1922	98,00	20/02/1970	45,20
11/10/1923	42,00	25/02/1971	73,02
14/12/1925	75,20	11/03/1972	86,00
19/02/1927	49,50	25/12/1973	72,60
07/05/1933	60,00	14/12/1974	89,20
10/01/1934	69,10	25/11/1975	98,60
31/01/1935	74,10	21/11/1976	52,00
06/02/1936	50,40	28/11/1977	84,60
17/12/1937	73,00	15/12/1978	89,10
30/12/1938	80,20	15/03/1980	74,80
12/12/1939	94,40	07/02/1981	116,40
11/09/1941	47,70	24/02/1982	64,60
19/02/1942	67,20	05/03/1983	85,00
05/01/1943	74,00	24/01/1985	94,20
23/01/1944	62,50	03/04/1987	93,40
21/03/1945	71,00	23/12/1988	86,20
15/03/1946	75,21	15/12/1989	112,00
29/12/1947	119,40	27/12/1991	140,60
25/01/1949	67,60	11/12/1992	65,00
12/02/1950	72,00	26/03/1994	170,00
24/02/1952	84,80	11/02/1995	88,20
26/03/1953	68,70	01/11/1996	100,00
02/04/1954	62,51	07/01/1998	78,00
03/01/1955	61,00	31/12/1999	155,00
16/02/1956	97,00	23/12/2001	118,50
11/03/1957	73,01	06/02/2004	58,70
09/02/1958	77,60	18/01/2005	64,50
19/01/1959	83,80	21/02/2006	68,10
25/03/1960	106,00	11/02/2007	66,70
15/01/1962	70,20	13/11/2008	97,21
04/03/1963	64,00	15/01/2010	75,90
14/02/1965	97,20	28/02/2011	85,90
26/03/1966	167,00	14/12/2012	39,20
09/01/1967	113,20		

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Vassouras-RJ

5 Minutos / 1 Hora	15 Minutos/ 1 Hora	30 Minutos/ 1 Hora	1 Hora/ 24 Horas
0,36	0,59	0,78	0,47

2 Horas/ 24 Horas	4 Horas/ 24 Horas	8 Horas/ 24 Horas	14 Horas/ 24 Horas
0,57	0,68	0,80	0,89

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

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul
Teresina - PI - CEP: 64001-570
Tel.: 86 3222-4153 - Fax: 86 3222-6651

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