

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: Santa Branca
Estação Pluviográfica: Santa Branca
Código ANA: 02345071

 **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**

Município: Santa Branca - SP

**Estação Pluviométrica: Santa Branca
Código: 02345071 (ANA)**

**SÃO PAULO
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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência de São Paulo

Copyright © 2017 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo
Rua Costa, 55 – Cerqueira César
SÃO PAULO - SP - 01.304-010
Telefone: (11) 3775-5101
Fax: (11) 3256-8430
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Santa Branca/SP. Estação Pluviométrica: Santa Branca, Código:
02345071 (ANA). Caluan Rodrigues Capozzoli, Karine Pickbrenner e Eber José
de Andrade Pinto – São Paulo: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CAPOZZOLI, C.R.;
PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e
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

Eduardo Jorge Ledsham

Conselheiros

Cassio Roberto da Silva

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Paulo Cesar Abrao

Telton Elber Correa

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Carlos Garcia Ferreira

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA DE SÃO PAULO

Marcio José Remédio
Superintendente

Vanesca Sartorelli Medeiros
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Mauricio Pavan Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Fabrício Catabellotta
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcos Evaristo da Silva
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

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 dos Prazeres Campos de Farias– Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do 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

Apoio Técnico

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Eliamara Soares Silva– RETE

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 Santa Branca/SP onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Santa Branca, código 02345071 (ANA).

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Santa Branca/SP.

O município de Santa Branca está localizado no estado de São Paulo, na bacia do rio Paraíba do Sul, distante em torno de 90 km da capital do Estado, São Paulo. O município faz fronteira com os municípios de Jacareí, Jambuí, Paraibuna, Salesópolis e Guararema, possui uma área de 275 km² (IBGE, 2010) e sua sede localiza-se a uma altitude aproximada de 650 metros. Sua população, segundo o censo do IBGE de 2010, é de 13.770 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Santa Branca, código 02345071 (ANA) está localizada no município de Santa Branca, na Latitude 23°22'08"S e Longitude 45°54'04"O, a uma distância aproximada de 3 km da sede municipal de Santa Branca. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1952 e é operada pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

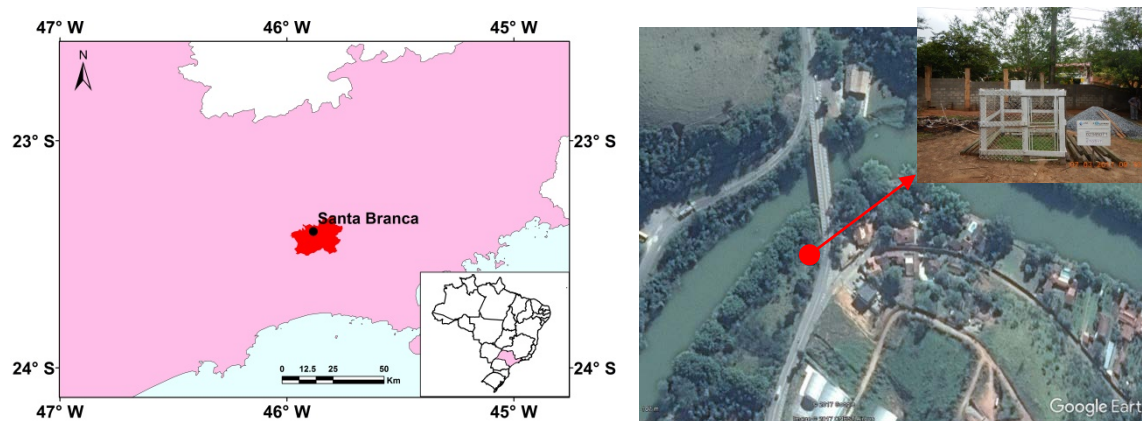


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Santa Branca, código 02345071 (ANA), 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 Gama, 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 Nascimento *et al* (2013) para o município de Guararema, distante aproximadamente 20 km do município de Santa Branca.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

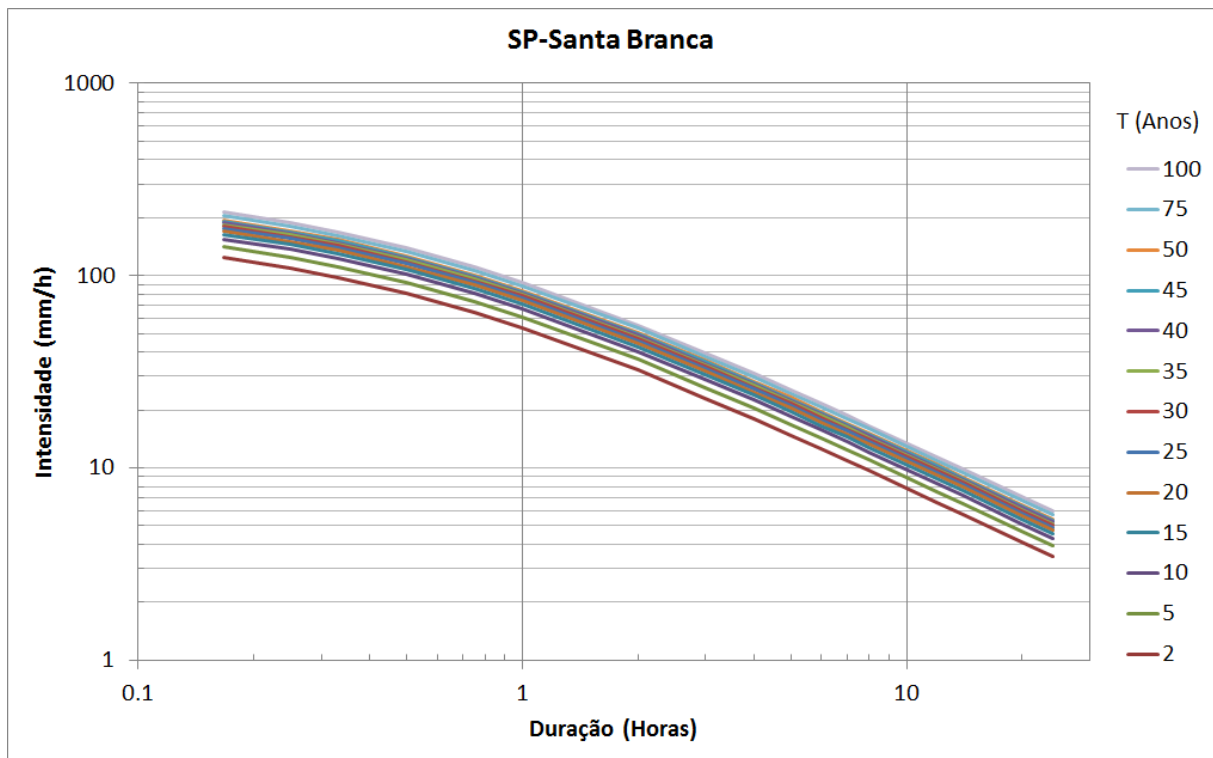


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

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 Santa Branca os parâmetros da equação são os seguintes:

$$10\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$a = 3671,3$; $b = 0,1383$; $c = 26,4$ e $d = 0,9689$;

$$i = \frac{3671,3T^{0,1383}}{(t+26,4)^{0,9689}} \quad (02)$$

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, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 minutos	124,1	140,9	155,1	164,0	170,7	176,0	180,5	187,9	193,7	198,7	204,9	213,2
15 Minutos	109,6	124,4	136,9	144,8	150,7	155,4	159,4	165,8	171,0	175,4	180,9	188,2
20 Minutos	98,1	111,4	122,6	129,7	134,9	139,1	142,7	148,5	153,1	157,1	162,0	168,6
30 Minutos	81,2	92,2	101,5	107,3	111,7	115,2	118,1	122,9	126,8	130,0	134,1	139,5
45 Minutos	64,6	73,4	80,7	85,4	88,9	91,6	94,0	97,8	100,9	103,4	106,7	111,0
1 HORA	53,7	61,0	67,1	71,0	73,9	76,2	78,1	81,3	83,8	86,0	88,7	92,3
2 HORAS	32,2	36,6	40,3	42,6	44,3	45,7	46,9	48,8	50,3	51,6	53,2	55,4
3 HORAS	23,1	26,2	28,9	30,5	31,8	32,8	33,6	35,0	36,1	37,0	38,1	39,7
4 HORAS	18,0	20,5	22,5	23,8	24,8	25,6	26,2	27,3	28,2	28,9	29,8	31,0
5 HORAS	14,8	16,8	18,5	19,6	20,4	21,0	21,6	22,4	23,1	23,7	24,5	25,5
6 HORAS	12,6	14,3	15,7	16,6	17,3	17,8	18,3	19,0	19,6	20,1	20,8	21,6
7 HORAS	10,9	12,4	13,7	14,5	15,0	15,5	15,9	16,6	17,1	17,5	18,1	18,8
8 HORAS	9,7	11,0	12,1	12,8	13,3	13,7	14,1	14,7	15,1	15,5	16,0	16,6
12 HORAS	6,7	7,5	8,3	8,8	9,1	9,4	9,7	10,1	10,4	10,6	11,0	11,4
14 HORAS	5,8	6,5	7,2	7,6	7,9	8,2	8,4	8,7	9,0	9,2	9,5	9,9
20 HORAS	4,1	4,7	5,1	5,4	5,7	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,1
24 HORAS	3,5	3,9	4,3	4,6	4,8	4,9	5,0	5,2	5,4	5,5	5,7	5,9

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 minutos	20,7	23,5	25,8	27,3	28,4	29,3	30,1	31,3	32,3	33,1	34,2	35,5
15 Minutos	27,4	31,1	34,2	36,2	37,7	38,8	39,8	41,5	42,8	43,8	45,2	47,1
20 Minutos	32,7	37,1	40,9	43,2	45,0	46,4	47,6	49,5	51,0	52,4	54,0	56,2
30 Minutos	40,6	46,1	50,7	53,7	55,8	57,6	59,1	61,5	63,4	65,0	67,0	69,8
45 Minutos	48,5	55,0	60,6	64,0	66,6	68,7	70,5	73,3	75,6	77,6	80,0	83,3
1 HORA	53,7	61,0	67,1	71,0	73,9	76,2	78,1	81,3	83,8	86,0	88,7	92,3
2 HORAS	64,5	73,2	80,5	85,2	88,6	91,4	93,7	97,5	100,6	103,2	106,4	110,7
3 HORAS	69,3	78,7	86,6	91,6	95,3	98,3	100,8	104,9	108,2	111,0	114,4	119,1
4 HORAS	72,2	81,9	90,2	95,4	99,2	102,4	105,0	109,2	112,7	115,5	119,2	124,0
5 HORAS	74,1	84,1	92,6	97,9	101,9	105,1	107,8	112,1	115,7	118,6	122,3	127,3
6 HORAS	75,5	85,7	94,3	99,8	103,8	107,1	109,8	114,3	117,9	120,9	124,7	129,7
7 HORAS	76,6	86,9	95,7	101,2	105,3	108,6	111,4	115,9	119,6	122,6	126,5	131,6
8 HORAS	77,5	87,9	96,8	102,4	106,5	109,9	112,7	117,2	120,9	124,0	127,9	133,1
12 HORAS	79,8	90,6	99,7	105,4	109,7	113,2	116,1	120,8	124,6	127,7	131,7	137,1
14 HORAS	80,6	91,5	100,7	106,5	110,8	114,3	117,2	121,9	125,8	129,0	133,0	138,4
20 HORAS	82,2	93,3	102,7	108,6	113,0	116,6	119,6	124,4	128,3	131,6	135,7	141,2
24 HORAS	83,0	94,2	103,6	109,6	114,1	117,6	120,7	125,5	129,5	132,8	137,0	142,5

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Em um determinado dia foi registrado na estação pluviográfica de Santa Branca uma Chuva de 110 mm com duração de 2 horas. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação. Dessa forma temos:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 110 mm dividido por 2 h é igual a 55 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{55(120 + 26,4)^{0,9689}}{3671,3} \right]^{1/0,1383} = 95 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 95 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,1%, ou

$$P(i \geq 95 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{95} 100 = 1,1\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Estação pluviométrica de Santa Branca. Disponível em:

<http://www.google.com/earth>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em:

<http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

NASCIMENTO, J. R. S.; FARIAS, J.A.M.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Guararema/SP. Estação pluviográfica Paretaí, código 02346018. Teresina, PI: CPRM, 2013. 12p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.

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 (Outubro/Setembro)

AI	AF	Data	Precipitação máxima diária (mm)	AI	AF	Data	Precipitação máxima diária (mm)
1952	1953	12/12/1952	72,6	1985	1986	12/02/1986	69,6
1954	1955	11/03/1955	74,3	1986	1987	26/01/1987	95,0
1955	1956	30/12/1955	44,4	1987	1988	25/01/1988	76,5
1956	1957	19/01/1957	67,2	1988	1989	12/02/1989	125,4
1957	1958	28/01/1958	81,6	1990	1991	16/01/1991	92,5
1958	1959	18/12/1958	45,2	1994	1995	23/01/1995	103,4
1959	1960	26/11/1959	61,4	1995	1996	06/02/1996	79,5
1960	1961	20/11/1960	62,2	1996	1997	21/02/1997	79,0
1961	1962	26/01/1962	86,8	1997	1998	22/11/1997	62,4
1962	1963	30/12/1962	69,8	1998	1999	06/01/1999	105,7
1963	1964	01/05/1964	52,0	1999	2000	01/02/2000	69,7
1964	1965	19/01/1965	74,6	2000	2001	17/12/2000	99,8
1965	1966	02/02/1966	82,2	2001	2002	02/10/2001	67,5
1966	1967	10/01/1967	67,2	2002	2003	06/03/2003	81,4
1968	1969	24/10/1968	47,6	2003	2004	22/02/2004	94,9
1969	1970	14/03/1970	63,9	2004	2005	25/05/2005	77,8
1970	1971	06/03/1971	42,4	2005	2006	23/03/2006	81,8
1972	1973	28/07/1973	58,2	2006	2007	24/12/2006	69,5
1974	1975	04/10/1974	45,2	2007	2008	11/04/2008	112,9
1976	1977	19/01/1977	78,2	2008	2009	15/02/2009	79,9
1982	1983	01/02/1983	78,2	2009	2010	02/01/2010	100,8
1983	1984	04/04/1984	49,3	2010	2011	01/03/2011	96,5
1984	1985	18/03/1985	74,8				

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Nascimento *et al*, (2013) para o município de Guararema/SP

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,90	0,85	0,83	0,81	0,70	0,66

Relação 45min/1h	Relação 30min/1h	Relação 15min/1h	Relação 10min/1h
0,85	0,69	0,47	0,37

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 São Paulo

Rua Costa, 55 - Centro
São Paulo - SP - CEP: 01304-010
Tel.: 11 3775-5100 - Fax: 11 3256-8430

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