

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: Ipeuna

Estação Pluviométrica: Ipeuna

Código ANA: 02247021

Código DAEE-SP: D4-074

 **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: Ipeuna - SP

**Estação Pluviométrica: Ipeuna,
Códigos 02247021 (ANA) e D4-074 (DAEE)**

**SÃO PAULO
2016**

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 São Paulo

Copyright © 2016 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo
Rua Costa, 55 - Bairro Cerqueira César
São Paulo - SP - 01304-010
Telefone: 0(xx)(11) 3775-5101
Fax: 0(xx)(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 (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Ipeuna/SP. Estação Pluviométrica: Ipeuna, Códigos ANA 02247021 (ANA) e D4-074 (DAEE). Caluan Rodrigues Capozzoli; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – São Paulo : CPRM, 2016.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CAPOZZOLI C.R.; PICKBRENER, K. e 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

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 DE SÃO PAULO

José Carlos Garcia Ferreira
Superintendente

Vanesca Sartorelli Medeiros
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Elizete Domingues Salvador
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Lauro Gracindo Pizzatto
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 memoriam*)

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 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

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 para o município de Ipeuna/SP onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Ipeuna, Códigos ANA 02247021 (ANA) e D4-074 (DAEE), distante 400 m da sede municipal de Ipeuna.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Ipeuna.

O município de Ipeuna está localizado no estado de São Paulo, na microrregião de Rio Claro. Ipeuna faz divisa com os municípios de Rio Claro (SP), Itirapina (SP), Charqueada (SP) e Piracicaba (SP).

O município de Ipeuna possui área aproximada de 190 km² (IBGE) e a sede municipal localiza-se a uma altitude aproximada de 635 metros. Segundo o IBGE, apresentava no ano de 2010 uma população de 6.016 habitantes.

A estação Ipeuna, Código 02247021 (ANA) e D4-074 (DAEE), está localizada na Latitude 22°25'59"S e Longitude 47°43'01"W, no município de Ipeuna, a uma distância aproximada de 400 m da sede municipal. Esta estação pluviométrica é de responsabilidade da ANA e operada pelo DAEE-SP. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

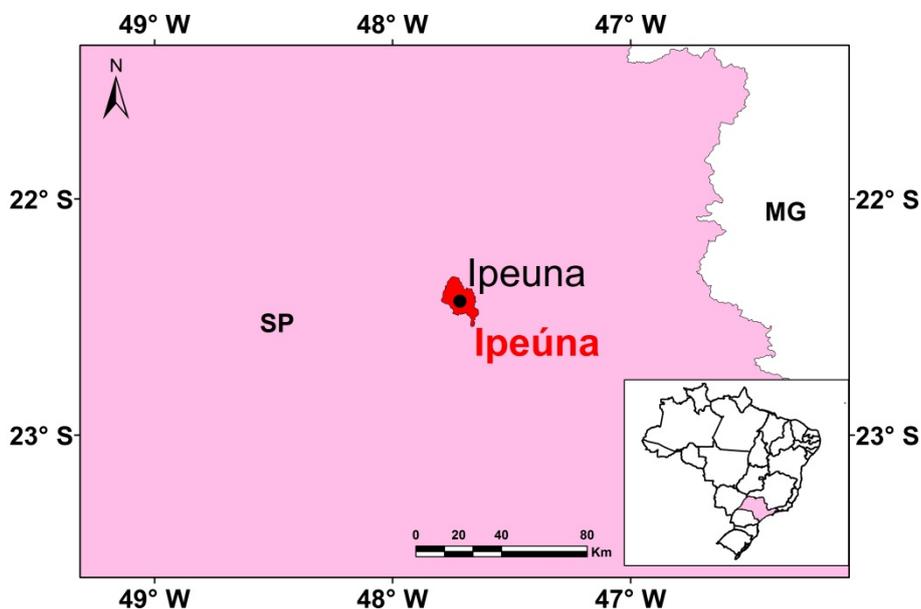


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Ipeuna, Códigos 02247021 (ANA) e D4-074 (DAEE), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Outubro a 30/Setembro), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, 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 estabelecidas por Capozzoli *et al.* (2016) para o município de Itirapina. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

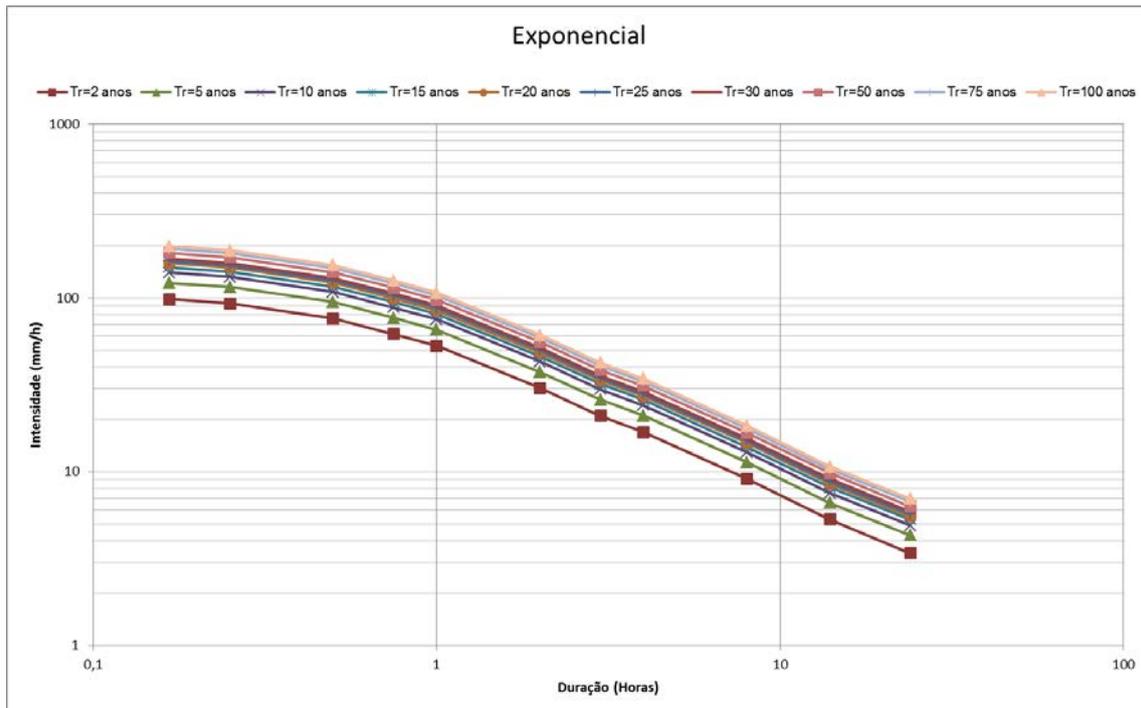


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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 Ipeuna, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 4373,4$; $b = 0,1727$; $c = 35,7$ e $d = 0,9989$, para as durações de 10 minutos até 24 horas

$$i = \frac{4373,4T^{0,1727}}{(t+35,7)^{0,9989}} \text{ para } 10 \text{ minutos} \leq t \leq 24 \text{ horas} \quad (02)$$

Esta equação 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 da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	100
10 Minutos	108,3	126,9	143,0	153,4	161,2	167,6	172,9	181,7	188,9	194,9	200,2	202,6	212,9
15 Minutos	97,7	114,4	128,9	138,3	145,3	151,0	155,9	163,8	170,3	175,7	180,4	182,6	191,9
20 Minutos	88,9	104,1	117,4	125,9	132,3	137,5	141,9	149,1	155,0	159,9	164,3	166,2	174,7
30 Minutos	75,4	88,3	99,5	106,7	112,2	116,6	120,3	126,5	131,4	135,6	139,3	141,0	148,1
45 Minutos	61,4	71,9	81,0	86,9	91,4	94,9	98,0	103,0	107,0	110,4	113,4	114,8	120,6
1 HORA	51,8	60,6	68,4	73,3	77,1	80,1	82,6	86,8	90,3	93,1	95,7	96,8	101,7
2 HORAS	31,8	37,3	42,0	45,1	47,4	49,2	50,8	53,4	55,5	57,3	58,8	59,5	62,6
3 HORAS	23,0	26,9	30,4	32,6	34,2	35,6	36,7	38,6	40,1	41,4	42,5	43,0	45,2
4 HORAS	18,0	21,1	23,8	25,5	26,8	27,8	28,7	30,2	31,4	32,4	33,2	33,6	35,4
5 HORAS	14,8	17,3	19,5	20,9	22,0	22,9	23,6	24,8	25,8	26,6	27,3	27,6	29,0
6 HORAS	12,5	14,7	16,6	17,8	18,7	19,4	20,0	21,0	21,9	22,6	23,2	23,4	24,6
7 HORAS	10,9	12,8	14,4	15,4	16,2	16,8	17,4	18,3	19,0	19,6	20,1	20,4	21,4
8 HORAS	9,6	11,3	12,7	13,6	14,3	14,9	15,4	16,1	16,8	17,3	17,8	18,0	18,9
12 HORAS	6,6	7,7	8,7	9,3	9,8	10,2	10,5	11,0	11,5	11,8	12,1	12,3	12,9
14 HORAS	5,7	6,6	7,5	8,0	8,4	8,8	9,1	9,5	9,9	10,2	10,5	10,6	11,1
20 HORAS	4,0	4,7	5,3	5,7	6,0	6,2	6,4	6,7	7,0	7,2	7,4	7,5	7,9
24 HORAS	3,4	3,9	4,4	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1	6,2	6,3	6,6

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
10 Minutos	18,1	21,1	23,8	25,6	26,9	27,9	28,8	30,3	31,5	32,5	33,4	33,8	35,5
15 Minutos	24,4	28,6	32,2	34,6	36,3	37,8	39,0	41,0	42,6	43,9	45,1	45,7	48,0
20 Minutos	29,6	34,7	39,1	42,0	44,1	45,8	47,3	49,7	51,7	53,3	54,8	55,4	58,2
30 Minutos	37,7	44,2	49,8	53,4	56,1	58,3	60,2	63,2	65,7	67,8	69,6	70,5	74,1
45 Minutos	46,0	53,9	60,8	65,2	68,5	71,2	73,5	77,2	80,3	82,8	85,1	86,1	90,5
1 HORA	51,8	60,6	68,4	73,3	77,1	80,1	82,6	86,8	90,3	93,1	95,7	96,8	101,7
2 HORAS	63,7	74,6	84,1	90,2	94,8	98,5	101,6	106,8	111,0	114,6	117,7	119,1	125,1
3 HORAS	69,0	80,8	91,1	97,7	102,6	106,7	110,1	115,7	120,2	124,1	127,4	129,0	135,5
4 HORAS	72,0	84,3	95,0	101,9	107,1	111,3	114,9	120,7	125,5	129,5	133,0	134,6	141,4
5 HORAS	73,9	86,6	97,6	104,6	110,0	114,3	118,0	124,0	128,8	133,0	136,5	138,2	145,2
6 HORAS	75,2	88,1	99,3	106,6	112,0	116,4	120,1	126,2	131,2	135,4	139,0	140,7	147,9
7 HORAS	76,2	89,3	100,7	108,0	113,5	117,9	121,7	127,9	132,9	137,2	140,9	142,6	149,8
8 HORAS	77,0	90,2	101,7	109,0	114,6	119,1	122,9	129,2	134,2	138,5	142,3	144,0	151,3
12 HORAS	78,9	92,4	104,1	111,7	117,4	122,0	125,9	132,3	137,5	141,9	145,7	147,4	155,0
14 HORAS	79,4	93,0	104,8	112,4	118,2	122,8	126,7	133,2	138,4	142,9	146,7	148,5	156,0
20 HORAS	80,4	94,2	106,2	113,9	119,7	124,4	128,4	134,9	140,2	144,7	148,6	150,4	158,0
24 HORAS	80,8	94,7	106,7	114,5	120,3	125,0	129,0	135,6	140,9	145,4	149,3	151,1	158,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Ipeuna, foi registrada uma Chuva de 111 mm com duração de 2 horas (120 minutos). 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 111 mm dividido por 2 h é igual a 55,5 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{55,5(120 + 35,7)^{0,9989}}{4373,4} \right]^{1/0,1727} = 50 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 50 anos corresponde a uma probabilidade de 2% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 55,5 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{50} 100 = 2\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em outubro de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em outubro de 2016.

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 (01/Out a 30/Set)

Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
02/01/1971	95,9
20/02/1972	67,8
11/02/1973	93,5
18/03/1974	97,2
08/02/1975	60,6
06/06/1976	80,0
01/04/1977	61,5
27/12/1978	77,4
18/02/1980	67,9
21/01/1981	61,3
20/10/1981	77,7
14/01/1983	85,0
23/01/1985	89,3
27/03/1986	76,9
09/03/1987	71,7
11/02/1988	95,0
21/12/1988	71,2
14/12/1989	131,5
25/04/1991	94,3
27/12/1991	80,0
13/02/1994	54,6
14/11/1994	70,0
13/01/1996	60,9
13/01/2002	84,3
04/01/2003	62,2
17/11/2003	60,0
23/02/2004	60,0
25/05/2005	69,5
16/02/2006	69,5
01/01/2007	90,3
25/10/2007	59,0
30/12/2009	86,0
02/01/2011	119,4
12/02/2012	94,0
15/12/2012	86,0

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Capozzoli *et al.* (2016) para o município de Itirapina-SP.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,90	0,88	0,82	0,76	0,73	0,64

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h
0,88	0,72	0,44	0,31

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