

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: Arujá

Estação Pluviográfica: Bairro Fazenda Velha

Código ANA: 02346025

Código DAEE: E3-050

 **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: Arujá/SP**

**Estação Pluviométrica: Bairro Fazenda Velha  
Códigos: 02346025 (ANA) e E3-050 (DAEE)**

**BELÉM  
2017**

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 Belém

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Belém  
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco  
Belém - PA – 66095-110  
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300  
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349  
<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: Arujá. Estação Pluviométrica: Bairro Fazenda Velha, Códigos 02346025 (ANA) e E3-050 (DAEE). Catharina dos Prazeres Campos de Farias, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Belém, PA: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – FARIAS, C.P.C. de, PICKBRENNER, K e 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**

Eduardo Jorge Ledsham

**Conselheiros**

Cassio Roberto da Silva

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Paulo Cesar Abrão

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 REGIONAL DE BELÉM**

*Jânio Souza Nascimento*  
**Superintendente**

*Homero Reis de Melo Junior*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Cesar Lisboa Chaves*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Cristiane Silva de Sousa*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Sônia Cristina dos Santos Cavalcante*  
**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**

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 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**

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 Arujá/SP onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Bairro Fazenda Velha, códigos 02346025 (ANA) e E3-050 (DAEE).

## 1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Arujá fica na microrregião de Guarulhos, na Região Metropolitana de São Paulo e Região do Alto Tietê, no estado de São Paulo. O município, segundo o IBGE (2010), possui área de 96,11 km<sup>2</sup> e situa-se à uma altitude de 755 metros. A população, em 2010, era de 74.905 habitantes.

A estação Bairro Fazenda Velha, códigos 02346025 (ANA) e E3-050 (DAEE), está localizada na Latitude 23°23'00"S e Longitude 46°21'00"O, no município de Arujá e dista cerca de 3,4 km de sua sede. Encontra-se inserida na sub-bacia 62, dos rios Paraná, Tietê e outros. Esta estação é bastante antiga se encontra em operação desde 1937. O período utilizado na elaboração da IDF foi de 1938 a 2014. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado pelo DAEE-SP.

A Figura 01 apresenta a localização do município.



Figura 01 – Localização do município.

## 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 Bairro Fazenda Velha, código 02346025 (ANA) e E3-050 (DAEE), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), 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 Nascimento *et al.* (2013) para a estação pluviográfica Paretaí, códigos 02346018 (ANA) e E3-054R (DAEE), no município de Guararema, distante 25 km da estação Bairro Fazenda Velha. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

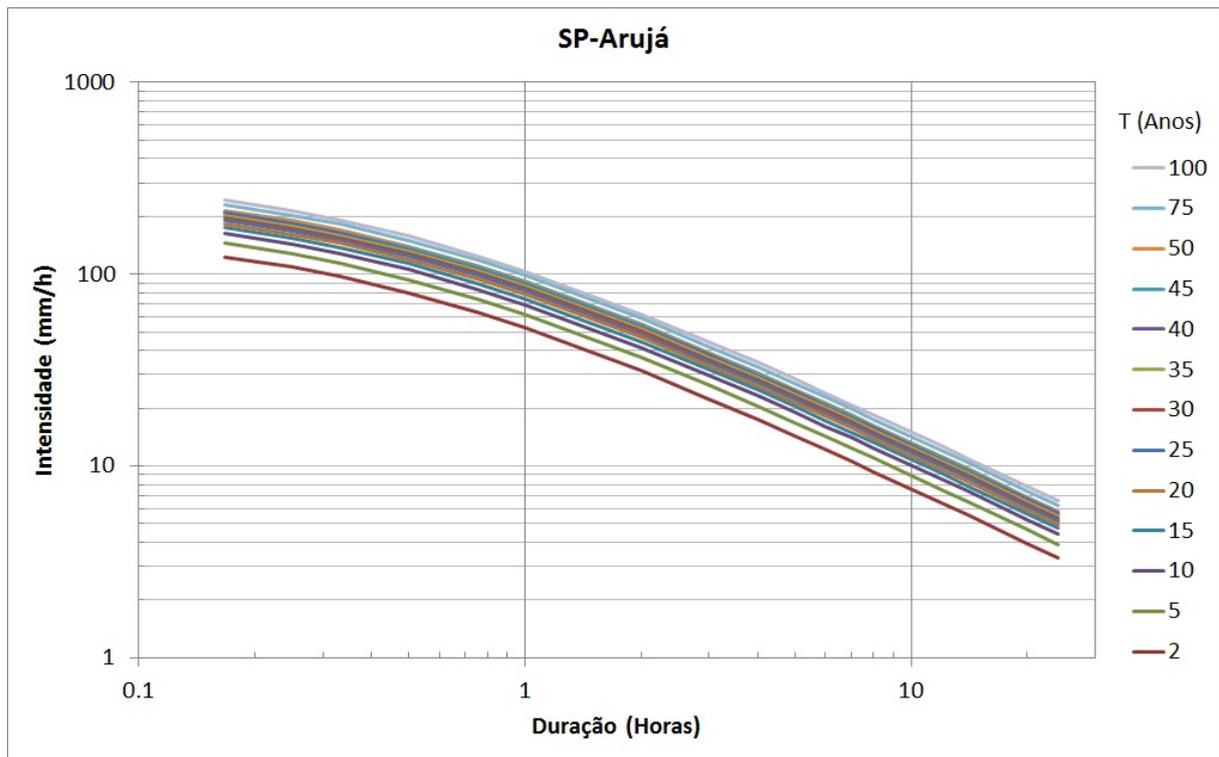


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Bairro Fazenda Velha os parâmetros da equação são os seguintes:  
 $a = 3494,3$  ;  $b = 0,1736$ ;  $c = 25,5$  e  $d = 0,9703$ ;

$$i = \frac{3494,3T^{0,1736}}{(t+25,5)^{0,9703}} \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempo de retorno até 100 anos e durações de 10 minutos a 24 horas.

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	90	100
10 Minutos	123,4	144,7	163,2	175,1	184,1	191,4	197,5	207,6	215,8	222,8	231,6	239,0	243,4
15 Minutos	108,6	127,3	143,6	154,1	162,0	168,4	173,8	182,7	189,9	196,0	203,8	210,3	214,2
20 Minutos	97,0	113,7	128,3	137,6	144,7	150,4	155,2	163,2	169,6	175,1	182,0	187,9	191,3
30 Minutos	80,0	93,8	105,8	113,5	119,3	124,0	128,0	134,6	139,9	144,4	150,1	154,9	157,8
45 Minutos	63,4	74,4	83,9	90,0	94,6	98,3	101,5	106,7	110,9	114,5	119,0	122,8	125,1
1 HORA	52,6	61,7	69,6	74,6	78,5	81,6	84,2	88,5	92,0	94,9	98,7	101,9	103,7
2 HORAS	31,4	36,8	41,5	44,6	46,8	48,7	50,3	52,8	54,9	56,7	58,9	60,8	61,9
3 HORAS	22,5	26,3	29,7	31,9	33,5	34,8	35,9	37,8	39,3	40,5	42,1	43,5	44,3
4 HORAS	17,5	20,5	23,2	24,9	26,1	27,2	28,0	29,5	30,6	31,6	32,9	33,9	34,6
5 HORAS	14,4	16,9	19,0	20,4	21,4	22,3	23,0	24,2	25,1	25,9	27,0	27,8	28,4
6 HORAS	12,2	14,3	16,1	17,3	18,2	18,9	19,5	20,5	21,3	22,0	22,9	23,6	24,1
7 HORAS	10,6	12,4	14,0	15,0	15,8	16,4	17,0	17,8	18,5	19,1	19,9	20,5	20,9
8 HORAS	9,4	11,0	12,4	13,3	14,0	14,5	15,0	15,8	16,4	16,9	17,6	18,2	18,5
12 HORAS	6,4	7,5	8,5	9,1	9,6	10,0	10,3	10,8	11,3	11,6	12,1	12,5	12,7
14 HORAS	5,6	6,5	7,4	7,9	8,3	8,6	8,9	9,4	9,7	10,0	10,4	10,8	11,0
20 HORAS	4,0	4,7	5,3	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7	6,9	7,2	7,5	7,7	7,8
24 HORAS	3,3	3,9	4,4	4,7	5,0	5,2	5,3	5,6	5,8	6,0	6,3	6,5	6,6

**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	90	100
10 Minutos	20,6	24,1	27,2	29,2	30,7	31,9	32,9	34,6	36,0	37,1	38,6	39,8	40,6
15 Minutos	27,2	31,8	35,9	38,5	40,5	42,1	43,5	45,7	47,5	49,0	50,9	52,6	53,6
20 Minutos	32,3	37,9	42,8	45,9	48,2	50,1	51,7	54,4	56,5	58,4	60,7	62,6	63,8
30 Minutos	40,0	46,9	52,9	56,8	59,7	62,0	64,0	67,3	69,9	72,2	75,1	77,5	78,9
45 Minutos	47,6	55,8	62,9	67,5	71,0	73,8	76,1	80,0	83,2	85,9	89,3	92,1	93,8
1 HORA	52,6	61,7	69,6	74,6	78,5	81,6	84,2	88,5	92,0	94,9	98,7	101,9	103,7
2 HORAS	62,8	73,6	83,1	89,1	93,7	97,4	100,5	105,7	109,8	113,4	117,8	121,6	123,9
3 HORAS	67,4	79,0	89,1	95,6	100,5	104,5	107,8	113,4	117,8	121,6	126,4	130,5	132,9
4 HORAS	70,1	82,2	92,7	99,4	104,5	108,7	112,1	117,9	122,5	126,5	131,5	135,7	138,2
5 HORAS	71,9	84,3	95,1	102,0	107,2	111,5	115,0	120,9	125,7	129,7	134,9	139,2	141,8
6 HORAS	73,2	85,8	96,8	103,9	109,2	113,5	117,1	123,1	128,0	132,1	137,3	141,8	144,4
7 HORAS	74,2	87,0	98,1	105,3	110,7	115,1	118,8	124,9	129,8	134,0	139,2	143,7	146,4
8 HORAS	75,0	88,0	99,2	106,5	111,9	116,3	120,1	126,2	131,2	135,4	140,8	145,3	148,0
12 HORAS	77,2	90,5	102,1	109,5	115,1	119,7	123,5	129,9	135,0	139,3	144,8	149,5	152,3
14 HORAS	77,9	91,4	103,1	110,6	116,2	120,8	124,7	131,1	136,3	140,7	146,2	150,9	153,7
20 HORAS	79,4	93,1	105,1	112,7	118,5	123,2	127,1	133,6	138,9	143,4	149,0	153,8	156,7
24 HORAS	80,1	94,0	106,0	113,7	119,5	124,3	128,2	134,8	140,1	144,6	150,4	155,2	158,1

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Arujá, foi registrada uma Chuva de 40 mm com duração de 15 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, 40 mm dividido por 0,25 h é igual a 160 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[ \frac{160(15 + 25,5)^{0,9703}}{3494,3} \right]^{1/0,1736} = 18,6 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 18,6 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 5,4%, ou

$$P(i \geq 160\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{18,6} 100 = 5,4\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). *Base de dados*. Disponível em: <http://www2.snirh.gov.br/home/>. Acesso em: set. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/aruja/panorama> Acesso em: set.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*. Belo Horizonte: CPRM, mar. 2013.

ANEXO I

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

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

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1937	1938	15/01/38	82,1	1988	1989	12/02/89	70,8
1940	1941	16/05/41	53,0	1989	1990	05/03/90	76,5
1965	1966	07/03/66	60,6	1990	1991	12/02/91	56,4
1966	1967	24/12/66	74,8	1991	1992	07/02/92	69,0
1967	1968	16/05/68	71,2	1992	1993	11/12/92	63,0
1968	1969	24/10/68	49,7	1993	1994	11/03/94	44,9
1970	1971	21/12/70	45,1	1994	1995	31/01/95	79,9
1971	1972	12/10/71	64,6	1995	1996	07/02/96	78,3
1972	1973	13/02/73	119,4	1996	1997	25/05/97	69,0
1973	1974	19/11/73	46,6	1997	1998	14/02/98	70,2
1974	1975	14/12/74	55,8	1998	1999	27/02/99	83,3
1975	1976	03/07/76	79,8	1999	2000	02/01/00	76,7
1976	1977	01/02/77	88,2	2000	2001	22/11/00	83,2
1977	1978	09/06/78	91,2	2001	2002	29/11/01	78,9
1978	1979	04/11/78	116,6	2002	2003	26/10/02	54,7
1979	1980	17/03/80	64,3	2003	2004	30/10/03	73,1
1980	1981	09/03/81	80,4	2004	2005	25/05/05	88,3
1981	1982	23/01/82	97,0	2005	2006	04/01/06	77,3
1982	1983	29/05/83	81,5	2008	2009	09/09/09	64,9
1983	1984	02/11/83	71,2	2009	2010	28/12/09	136,9
1984	1985	02/02/85	54,2	2010	2011	26/01/11	85,7
1985	1986	02/03/86	51,3	2013	2014	08/03/14	150,4
1987	1988	14/12/87	76,9				

## 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 8h/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 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/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 Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco

Belém - PA - CEP: 66095-110

Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949

E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370

E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)



**PAC**