

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA  
GEOLOGIA, DA MINERAÇÃO E DA  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Pernambuco

Município: Quipapá

Estação Pluviométrica: São Benedito do Sul

Código ANA: 00835144

 SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM



2014

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA  
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**LEVANTAMENTOS 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: Quipapá - PE**

**Estação Pluviométrica: São Benedito do Sul  
Código: 00835144**

**BELO HORIZONTE  
2014**

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA  
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS 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 @ 2014 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte  
Avenida Brasil, 1734 – Funcionários  
Belo Horizonte - MG – 30.140-002  
Telefone: (31) 3878-0307  
Fax: (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: Quipapá/PE. Estação Pluviométrica: São Benedito do Sul, Código 00835144 Breno Guerreiro da Motta; Eber José de Andrade Pinto. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2014.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – MOTTA, B.G.; 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**

Edison Lobão

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Márcio Pereira Zimmermann

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS SERVIÇO  
GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**Vice-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Conselheiros**

Ladice Peixoto

Luiz Gonzaga Baião

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Oswaldo Castanheira

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Thales de Queiroz Sampaio

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Roberto Ventura Santos

**Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

**Diretor de Administração e Finanças**

Eduardo Santa Helena

## **SUPERINTENDÊNCIA DE SALVADOR**

*Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior*  
**Superintendente**

*Gustavo Carneiro da Silva*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Ivanaldo Vieira Gomes da Costa*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*José da Silva Amaral Santos*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Renato dos Santos Andrade*  
**Gerente de Administração e Finanças**

### **PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

#### **Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

#### **Departamento de Gestão Territorial**

Cássio Roberto da Silva

#### **Divisão de Hidrologia Aplicada**

Achiles Eduardo Guerra Castro Monteiro

#### **Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico**

Eber José de Andrade Pinto

#### **Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade**

Sandra Fernandes da Silva

#### **Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico**

Andressa Macêdo Silva de Azambuja - Sureg/BE

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 Kessia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Merês Furtunato - Sureg/SA

**Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

**Apoio Técnico**

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel - REFO

Eliane Cristina Godoy Moreira - Sureg/SP

Jennifer Laís Assano - Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira - Sureg/SP

Juliana Oliveira - Sureg/BE

Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso - Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

**Estagiários de Hidrologia**

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior - Sureg/MA

Diovana Daus Borges Fortes - Sureg/PA

Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes - Sureg/BH

Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE

Glauco Leite de Freitas – Sureg/RE

Ivo Cleiton Costa Bonfim - REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda - Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros - Sureg/RE

Liomar Santos da Hora - Sureg/SA

Lêmia Ribeiro - Sureg/SA

Márcia Faermann - Sureg/PA

Mariana Carolina Lima de Oliveira - Sureg/BH

Mayara Luiza de Menezes Oliveira - Sureg/MA

Nayara de Lima Oliveira - Sureg/GO

Pedro da Silva Junqueira - Sureg/PA

Rosângela de Castro – Sureg/SP

Taciana dos Santos Lima – RETE

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero - Sureg/GO

## APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão Estratégica da Geologia, da Transformação Mineral 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 Quipapá/PE onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de São Benedito do Sul, código 00835144.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Quipapá/PE.

O município de Quipapá está localizado no Estado de Pernambuco, na divisa com o estado de Alagoas. O município é distante cerca de 180 Km da capital Recife e tem como municípios limítrofes Panelas, São Benedito do Sul, Jurema e Canhotinho no Estado de Pernambuco e Iateguara e São José da Laje no Estado de Alagoas. Quipapá foi distrito subordinado ao município de Panelas até 1900, ano em que foi desmembrado e elevado a categoria de município. Possui área de 230,617km<sup>2</sup> e uma população de 24.186 habitantes (IBGE, 2010).

A estação São Benedito do Sul, código 00835144, está localizada no município de mesmo nome, na Latitude 08°48'58"S e Longitude 35°56'02"W, distante cerca de 8km de Quipapá. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1993, sendo operada pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE). 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 a localização do município de Quipapá, em vermelho, o município de São Benedito do Sul, em verde e a capital Recife, em roxo.



Figura 01 – Localização dos Municípios de Quipapá (vermelho), São Benedito do Sul (verde) e Recife (roxo). (Fonte: Wikipédia, 2014)

## 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 São Benedito do Sul, código 00835144, 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

pele Atlas Pluviométrico do Brasil (2014) para o município de Catende – PE, distante cerca de 35 km Quipapá e 28 km da estação São Benedito do Sul.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

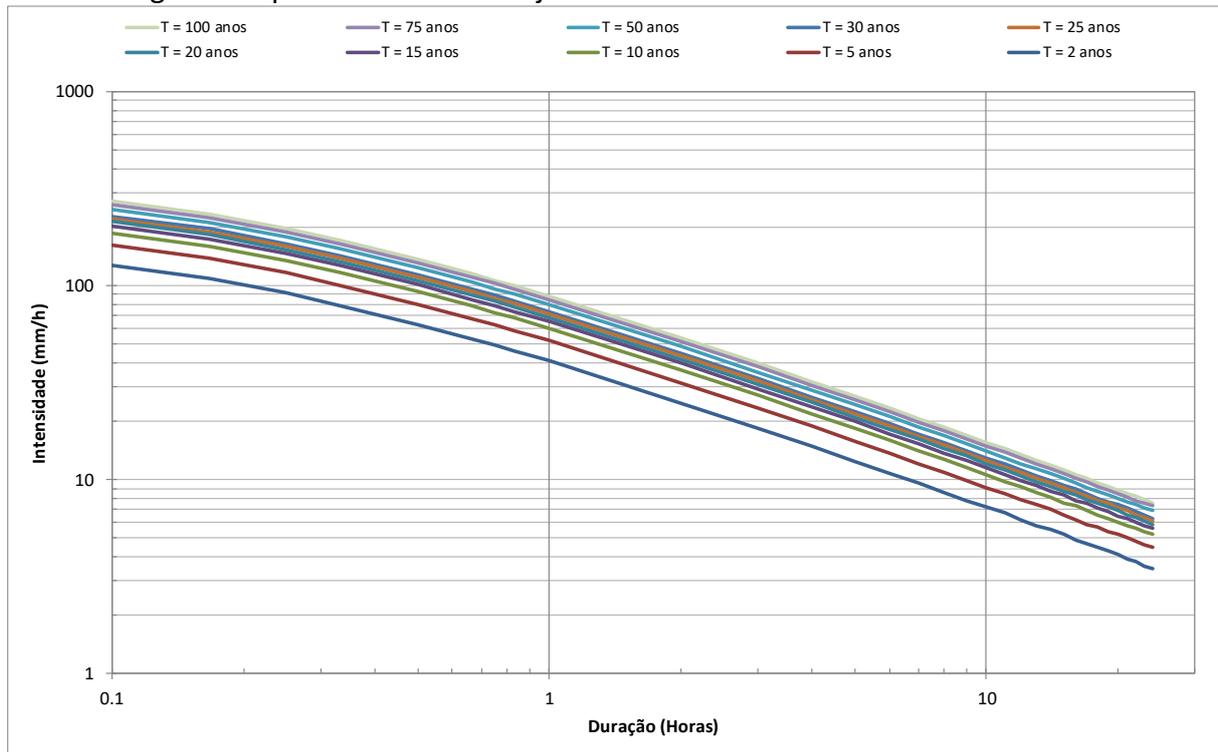


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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)

$a, b, c, d, \delta$  são parâmetros da equação

No caso de Quipapá, para durações de 10 minutos a 1 hora (inclusive), os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 4,2081 ; b = 11,2536 ; c = 11,9230 ; d = 31,9119 \text{ e } \delta = 2,6$$

$$i = \{[(4,2081 \ln(T) + 11,2536) \cdot \ln(t + (2,6/60))] + 11,91230 \ln(T) + 31,9119\} / t \quad (02)$$

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

$$a = 4,2551 ; b = 11,3820 ; c = 11,4759 ; d = 30,6876 \text{ e } \delta = 9,5$$

$$i = \{[(4,2551 \ln(T) + 11,3820) \cdot \ln(t + (9,5/60))] + 11,4759 \ln(T) + 30,6876\} / t \quad (03)$$

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, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	130,8	166,3	193,1	208,8	220,0	228,6	246,8	255,5	262,5	271,2	278,2	282,3
10 Minutos	108,4	137,8	160,1	173,1	182,4	189,5	204,6	211,8	217,7	224,8	230,7	234,1
15 Minutos	91,2	116,0	134,7	145,7	153,5	159,5	172,2	178,3	183,2	189,2	194,2	197,0
20 Minutos	79,0	100,5	116,8	126,3	133,0	138,2	149,2	154,5	158,8	164,0	168,3	170,7
30 Minutos	63,1	80,2	93,2	100,8	106,1	110,3	119,1	123,3	126,7	130,9	134,3	136,3
45 Minutos	49,2	62,6	72,7	78,6	82,8	86,1	92,9	96,2	98,8	102,1	104,8	106,3
1 HORA	40,8	51,9	60,3	65,2	68,6	71,3	77,0	79,7	81,9	84,6	86,8	88,1
2 HORAS	24,8	31,6	36,7	39,7	41,8	43,5	46,9	48,6	49,9	51,6	52,9	53,7
3 HORAS	18,4	23,4	27,2	29,4	30,9	32,2	34,7	35,9	36,9	38,2	39,1	39,7
4 HORAS	14,8	18,8	21,8	23,6	24,9	25,8	27,9	28,9	29,7	30,7	31,5	31,9
5 HORAS	12,4	15,8	18,4	19,9	20,9	21,8	23,5	24,3	25,0	25,8	26,5	26,9
6 HORAS	10,8	13,7	15,9	17,2	18,2	18,9	20,4	21,1	21,7	22,4	23,0	23,3
7 HORAS	9,6	12,1	14,1	15,3	16,1	16,7	18,0	18,7	19,2	19,8	20,3	20,6
8 HORAS	8,6	10,9	12,7	13,7	14,5	15,0	16,2	16,8	17,3	17,8	18,3	18,6
12 HORAS	6,2	7,9	9,2	9,9	10,4	10,9	11,7	12,1	12,5	12,9	13,2	13,4
14 HORAS	5,5	7,0	8,1	8,7	9,2	9,6	10,3	10,7	11,0	11,4	11,7	11,8
20 HORAS	4,1	5,2	6,0	6,5	6,9	7,1	7,7	8,0	8,2	8,5	8,7	8,8
24 HORAS	3,5	4,5	5,2	5,6	5,9	6,1	6,6	6,9	7,1	7,3	7,5	7,6

**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	10,9	13,9	16,1	17,4	18,3	19,1	20,6	21,3	21,9	22,6	23,2	23,5
10 Minutos	18,1	23,0	26,7	28,9	30,4	31,6	34,1	35,3	36,3	37,5	38,4	39,0
15 Minutos	22,8	29,0	33,7	36,4	38,4	39,9	43,1	44,6	45,8	47,3	48,5	49,3
20 Minutos	26,3	33,5	38,9	42,1	44,3	46,1	49,7	51,5	52,9	54,7	56,1	56,9
30 Minutos	31,5	40,1	46,6	50,4	53,1	55,2	59,6	61,6	63,4	65,4	67,1	68,1
45 Minutos	36,9	46,9	54,5	59,0	62,1	64,5	69,7	72,1	74,1	76,6	78,6	79,7
1 HORA	40,8	51,9	60,3	65,2	68,6	71,3	77,0	79,7	81,9	84,6	86,8	88,1
2 HORAS	49,7	63,2	73,4	79,4	83,6	86,9	93,9	97,1	99,8	103,1	105,8	107,4
3 HORAS	55,1	70,1	81,5	88,1	92,8	96,5	104,2	107,8	110,8	114,5	117,4	119,2
4 HORAS	59,1	75,1	87,3	94,4	99,5	103,4	111,6	115,5	118,7	122,6	125,8	127,7
5 HORAS	62,2	79,1	91,9	99,3	104,7	108,8	117,4	121,6	124,9	129,0	132,4	134,4
6 HORAS	64,7	82,3	95,6	103,4	108,9	113,2	122,2	126,5	130,0	134,3	137,8	139,8
7 HORAS	66,9	85,0	98,8	106,8	112,6	117,0	126,3	130,7	134,4	138,8	142,4	144,5
8 HORAS	68,7	87,4	101,6	109,8	115,7	120,3	129,9	134,4	138,1	142,7	146,4	148,6
12 HORAS	74,4	94,7	110,0	119,0	125,3	130,3	140,7	145,6	149,6	154,6	158,6	160,9
14 HORAS	76,6	97,5	113,2	122,5	129,0	134,1	144,8	149,9	154,0	159,1	163,2	165,6
20 HORAS	81,7	103,9	120,7	130,6	137,5	143,0	154,4	159,8	164,2	169,6	174,0	176,6
24 HORAS	84,3	107,2	124,6	134,7	141,9	147,5	159,3	164,8	169,4	175,0	179,6	182,2

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Quipapá, foi registrada uma chuva de 100 mm com duração de 2 horas, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial 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:

$$T = \exp \left[ \frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (05)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 100 mm dividido por 2 h é igual a 50 mm/h. Substituindo os valores na equação 05 e considerando os parâmetros para durações superiores a 1 hora temos:

$$T = \exp \left[ \frac{50 \times 2 - 11,3820 \ln(2 + (9,5/60)) - 30,6876}{4,2551 \ln(2 + (9,5/60)) + 11,4759} \right] = 60,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 60,7 anos corresponde a uma probabilidade de 1,65% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 50 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{60,7} 100 = 1,65\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em outubro de 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. *Cidades*. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/233Z4>. Acesso em outubro de 2014.

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 (Ano Civil)

Ano	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1994	20/06/1994	72,5
1996	30/05/1996	50,0
1997	24/01/1997	57,0
1998	24/04/1998	80,5
1999	06/05/1999	95,0
2000	01/08/2000	119,0
2001	13/06/2001	100,0
2002	04/01/2002	115,0
2003	15/06/2003	52,3
2004	14/01/2004	77,0
2005	02/06/2005	65,1
2006	16/11/2006	45,0
2007	03/01/2007	60,0

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral 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 3878-0307 - Fax: 31 3878-0383

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

### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

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

