

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: São Paulo  
Município: Peruíbe  
Estação Pluviográfica: Ana Dias  
Código ANA: 02447014  
Código DAEE: F4-026R

 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-FREQÜÊNCIA**

**Município: Peruíbe**

**Estação Pluviográfica: Ana Dias  
Código 02447014 e F4-026R**

**BELO HORIZONTE  
2014**

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-FREQÜÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte  
Avenida Brasil, 1731 - Funcionários  
Belo Horizonte - MG – 30.140-002  
Telefone: (31) 3878-0337  
Fax: (31) 3878-0322  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.  
Município: Peruíbe. Eber José de Andrade Pinto – Belo Horizonte: CPRM, 2014.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – 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 REGIONAL DE BELO HORIZONTE**

*Marco Antônio Fonseca*

**Superintendente**

*Márcio de Oliveira Cândido*

**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Márcio Antônio da Silva*

**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Marcelo de Araújo Vieira*

**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Cléria Sebastiana Vieira*

**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

Jean Ricardo da Silva do Nascimento - RETE

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Oswalcélio Merês Furtunato - Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

## **Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento - 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**

Carolina Macalos – Sureg/PA

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

Ivo Cleiton Costa Bonfim - REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda - Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros - Sureg/RE

Liomar Santos da Hora - Sureg/SA

Lemia 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

Rosangela 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 gravitacionais de massa e inundação.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Peruíbe, onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Ana Dias, código DAEE F4-026R e código ANA 02447014.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Peruíbe e regiões circunvizinhas.

O município Peruíbe está localizado no litoral paulista e faz parte da Região da Baixada Santista, tem como municípios limítrofes Iguape, Itanhaém, Itariri e Pedro Toledo. O município possui área de 324,140 Km<sup>2</sup>. Sua população, em 2013, segundo estimativa do IBGE, é de 59.773 habitantes.

A elaboração das relações IDF do município de Peruíbe foi efetuada com os dados do posto pluviográfico Ana Dias, código DAEE F4-026R e código ANA 02447014. Esta estação está localizada no município de Itariri a uma altitude de 20 m, na Latitude 24°18' S e Longitude 47°04' W (Altitude e coordenadas indicadas no Inventário do HIDROWEB, Agencia Nacional de Águas). Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo, a partir do site do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. A Figura 01 apresenta a localização do município.

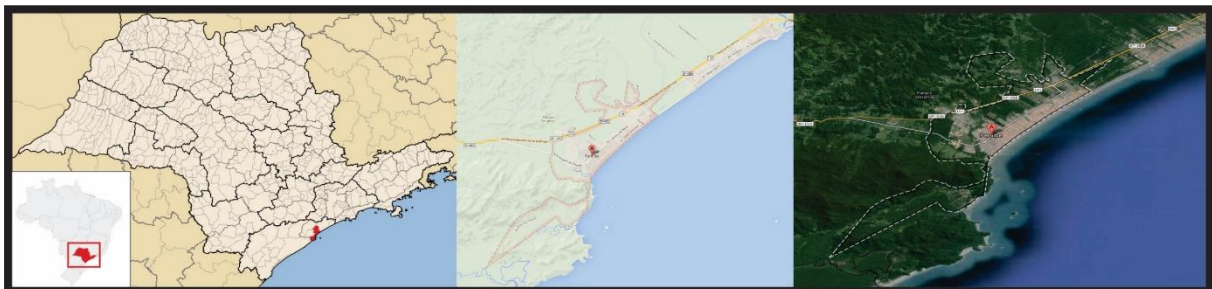


Figura 01 – Localização do Município (Fonte: Google Earth e IBGE, 2013)

## 2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição das equações está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Pluviográfica Ana Dias (código DAEE F4-026R e código ANA 02447014), foram utilizadas séries de duração parcial e os dados utilizados constam do Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

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

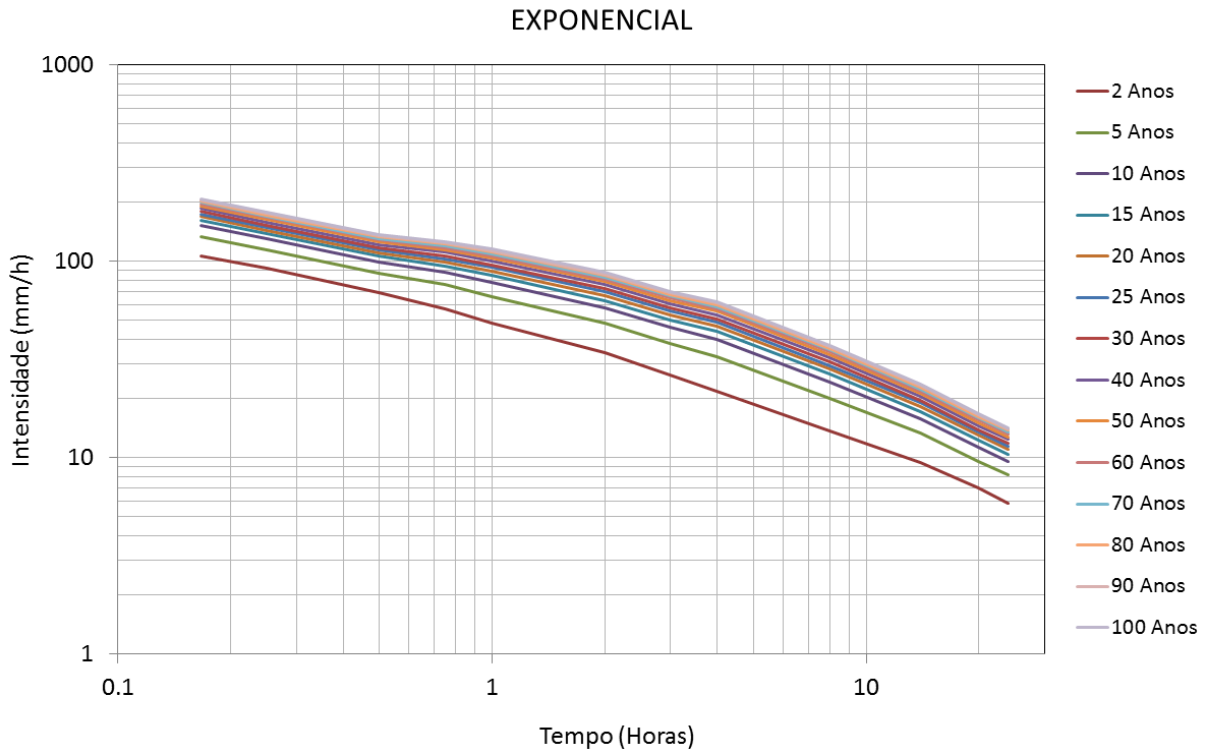


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência para a estação Ana Dias.

Para a estação pluviográfica *Ana Dias* foram ajustadas duas equações. A primeira equação é válida para durações de 10 minutos até 1 hora. Os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 228 ; b = 0,1646 ; c = 2 \text{ e } d = 0,3492 ;$$

$$i = \frac{228T^{0,1646}}{(t+2)^{0,3492}} \quad (02)$$

A segunda equação é válida para durações de 1 hora a 24 horas. Os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 9927 ; b = 0,1662 ; c = 132 \text{ e } d = 0,9921 ;$$

$$i = \frac{9927T^{0,1662}}{(t+132)^{0,9921}} \quad (03)$$

As duas equações são válidas para tempos de retorno até 100 anos.

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, na sede do município de Peruíbe, foi registrada uma chuva de 35 mm com duração de 15 minutos, a qual gerou alguns 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:*

$$T = \left[ \frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

*A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 35 mm dividido por 0,25 h é igual a 140 mm/h. Substituindo os valores dos parâmetros da equação 02 na equação 04 temos:*

$$T = \left[ \frac{140(15 + 2)^{0,3492}}{228} \right]^{1/0,1646} = 21,1 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 21,1 anos corresponde a uma probabilidade de 4,7% de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou*

$$P(i \geq 140\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{21,1} 100 = 4,7 \%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=351350&search=sao-paulo|peruibe>. Acesso em: janeiro de 2014.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar, 2013.

SIGHR – Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhtm.exe/plug?qwe=qwe>. Acesso em: dezembro de 2013.

## ANEXO I

Série de Dados Utilizados por Duração – Altura de Chuva (mm)

Estação Ana Dias, código DAEE F4-026R e código ANA 02447014

DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA	DATA	2 HORAS
07-fev-76	28	07-fev-76	33,1	22-mar-75	31,6	16-jan-74	38	16-jan-74	42,61	29-dez-74	63
21-fev-76	15,5	23-fev-76	22,5	07-fev-76	41,9	29-dez-74	42,9	29-dez-74	50,7	29-jan-75	77
23-fev-76	16	17-jan-77	35,2	23-fev-76	45	22-mar-75	42,6	29-jan-75	43,12	09-fev-75	57,4
17-jan-77	26,5	17-fev-78	22,71	05-nov-76	30,32	07-fev-76	42,7	22-mar-75	48,4	22-mar-75	70,4
17-fev-78	18,4	02-dez-79	19,82	17-jan-77	51	23-fev-76	63,5	14-dez-75	43,11	14-dez-75	69,5
24-mai-79	18,5	01-jan-80	19,81	20-fev-80	54	05-nov-76	38,6	07-fev-76	43,1	23-fev-76	122
20-fev-80	24,5	20-fev-80	33,7	13-dez-80	30,31	17-jan-77	63,6	23-fev-76	81	14-mar-76	67
13-dez-80	16,4	13-dez-80	22,6	17-mar-81	31,8	20-fev-80	74,5	17-jan-77	68,4	17-jan-77	69,4
17-mar-81	19,2	17-mar-81	23,31	03-dez-81	37,8	17-mar-81	36,4	17-fev-78	42,6	17-fev-78	56,9
03-dez-81	17,7	03-dez-81	24,81	03-abr-82	32,3	03-dez-81	42,2	20-fev-80	85,8	15-mar-79	70,8
07-mar-83	19,1	07-mar-83	22,7	07-mar-83	32,91	03-abr-82	40,8	03-dez-81	43,4	20-fev-80	133,8
08-fev-84	22	08-fev-84	27,2	08-fev-84	45,11	07-mar-83	48,3	03-abr-82	49,4	07-mar-83	79,5
18-mai-84	16,8	02-fev-86	29,2	02-fev-86	40,7	08-fev-84	59	07-mar-83	54,7	08-fev-84	74,4
02-fev-86	21,2	15-fev-86	29,3	15-fev-86	45,1	02-fev-86	47,5	08-fev-84	68,8	27-fev-85	55,6
15-fev-86	21,1	01-mar-86	23,3	01-mar-86	34	15-fev-86	57,7	02-fev-86	63,7	02-fev-86	105,7
01-mar-86	16,21	18-jan-87	23,5	18-jan-87	32,9	01-mar-86	37,5	01-mar-86	42,9	15-fev-86	77,1
18-jan-87	16,2	14-mai-87	19,9	05-fev-88	38,1	18-jan-87	37,8	18-jan-87	41	01-mar-86	58,2
14-fev-89	16,5	14-fev-89	24,8	14-fev-89	39,6	05-fev-88	53,9	05-fev-88	62,7	05-fev-88	78,9
24-nov-89	15,6	24-nov-89	21,5	21-mar-90	41,7	14-fev-89	56,2	14-fev-89	66,9	14-fev-89	94,6
21-mar-90	20,8	21-mar-90	26,3	06-abr-90	34,9	21-mar-90	55,9	21-mar-90	73,9	21-mar-90	131,3
06-abr-90	21,9	06-abr-90	24,4	03-mar-92	30,4	03-mar-92	41,2	03-mar-92	49,1	03-mar-92	67,1

Série de Dados Utilizados por Duração – Altura de Chuva (mm)  
 Estação Ana Dias, código DAEE F4-026R e código ANA 02447014

DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	20 HORAS	DATA	24 HORAS
29-dez-74	63,5	29-jan-75	112,2	29-jan-75	179,5	29-jan-75	193,6	29-jan-75	195,9	29-jan-75	200,8
29-jan-75	89,4	22-mar-75	96,1	22-mar-75	115,7	22-mar-75	161,5	22-mar-75	162,4	22-mar-75	162,4
22-mar-75	89,2	14-dez-75	98,8	14-dez-75	124,7	14-dez-75	126,1	14-dez-75	126,1	14-dez-75	126,1
14-dez-75	82,3	30-jan-76	73,1	30-jan-76	79,9	23-fev-76	181,3	23-fev-76	181,3	23-fev-76	181,3
30-jan-76	69,7	23-fev-76	156,4	23-fev-76	171,2	14-mar-76	209,1	14-mar-76	235	14-mar-76	242,9
23-fev-76	142,9	14-mar-76	81,6	14-mar-76	129,5	06-fev-78	132,8	06-fev-78	140,7	06-fev-78	141,4
14-mar-76	77,11	17-jan-77	69,5	06-fev-78	101,6	14-mar-79	112,4	14-mar-79	126,4	14-mar-79	128,1
17-jan-77	69,5	07-fev-78	71,4	14-mar-79	99,7	20-fev-80	267,4	20-fev-80	275,8	20-fev-80	279,3
15-mar-79	85,1	15-mar-79	90,7	20-fev-80	191,1	15-jan-81	122,7	12-jan-81	109,6	15-jan-81	132,4
20-fev-80	164,4	20-fev-80	170,7	15-jan-81	80,1	07-fev-81	120,1	15-jan-81	132,3	06-fev-81	133,2
07-fev-81	77,2	07-fev-81	89,6	07-fev-81	114,2	17-abr-81	91,3	06-fev-81	129,1	21-mai-81	129
07-mar-83	82,5	07-mar-83	90,3	21-mai-81	88,8	21-mai-81	126,7	21-mai-81	129	01-abr-82	129,1
08-fev-84	85,3	08-fev-84	113,7	14-jan-83	105,5	14-jan-83	121,1	13-jan-83	124	13-jan-83	128,8
27-fev-85	64,2	27-fev-85	79	07-mar-83	135,1	07-mar-83	170,4	07-mar-83	188,4	06-mar-83	212,5
02-fev-86	130,5	02-fev-86	146,6	08-fev-84	130,1	08-fev-84	143,7	08-fev-84	145,5	07-fev-84	146,1
15-fev-86	77,1	15-fev-86	77,1	27-fev-85	114,5	27-fev-85	139,5	27-fev-85	139,5	27-fev-85	139,5
01-mar-86	73,7	01-mar-86	85,1	02-fev-86	177,5	02-fev-86	183	02-fev-86	183	02-fev-86	183
05-fev-88	88,3	05-fev-88	88,3	01-mar-86	100,3	01-mar-86	130,2	01-mar-86	130,2	01-mar-86	130,2
14-fev-89	118,8	14-fev-89	169,9	05-fev-88	88,3	20-dez-88	126	20-dez-88	126	20-dez-88	126
21-mar-90	150,8	21-mar-90	167,8	14-fev-89	199,5	14-fev-89	199,5	14-fev-89	199,5	14-fev-89	199,5
03-mar-92	71,2	03-mar-92	73,3	21-mar-90	189,4	21-mar-90	189,4	21-mar-90	189,4	20-mar-90	189,4

# 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)

