

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: Mogi das Cruzes  
Estação Pluviográfica: Fazenda Santo Ângelo  
Código ANA: 02346049  
Código DAEE: E3-032R

 **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: Mogi das Cruzes - SP**

**Estação Pluviográfica: Fazenda Santo Ângelo  
Códigos: 02346049 (ANA) e E3-032R (DAEE)**

**Equação Definida por Martinez e Piteri (2015)**

**PORTO ALEGRE  
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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Tristeza  
Porto Alegre - RS - 90840-030  
Telefone: 0(xx)(51) 3406-7300  
Fax: 0(xx)(51) 3233-7772  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

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

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.  
Município: Mogi das Cruzes/SP. Estação Pluviográfica: Fazenda Santo Ângelo  
Códigos 02346049 (ANA) e E3-032 (DAEE) Adriana Burin Weschenfelder, Karine  
Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

10p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – WESCHENFELDER,  
A.B.; 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 Abrão

Telton Elber Correa

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Eduardo Jorge Ledsham

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (Interino)**

José Leonardo Silva Andriotti

**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 PORTO ALEGRE**

*Eduardo Camozzato*  
**Superintendente**

*Marcos Alexandre de Freitas*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*João Angelo Toniolo*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Ana Cláudia Viero*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Aícaro Umberto Ferrari*  
**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**

Danielle Cutolo – Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

Isis Tourinho dos Santos – Sureg/BE

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 por Martinez e Piteri (2015) para o município de Mogi das Cruzes/SP onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Fazenda Santo Ângelo códigos 02346049 (ANA) e E3-032R (DAEE).

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação IDF definida para o município de Mogi das Cruzes foi elaborada por Martinez e Piteri (2015).

O município de Mogi das Cruzes está localizado no estado de São Paulo e tem como municípios limítrofes Santa Isabel, Guararema, Biritiba-Mirim, Bertioga, Santos, Santo André, Suzano e Arujá. O município possui uma área aproximada de 716 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 765 metros em sua sede. A população de Mogi das Cruzes, segundo IBGE (2010), é de 387.779 habitantes.

A estação Fazenda Santo Ângelo código 02346049 (ANA) e E3-032R (DAEE), está localizada na Latitude 23°35'00"S e Longitude 46°14'00" O, na sub-bacia 62, sub-bacia dos rios Paraná, Tietê e outros. A estação pluviográfica localiza-se no município de Mogi das Cruzes a 8,5 km da sede. Os dados para a elaboração da IDF foram extraídos a partir dos pluviogramas de um pluviógrafo convencional modelo padrão DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo). O período utilizado na elaboração da IDF foi de 1971-1972; 1974-1999 (28 anos).

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica

## 2 – EQUAÇÃO

A equação IDF indicada para o município de Mogi das Cruzes foi definida por Martinez e Piteri (2015), onde foram utilizados os dados da estação Fazenda Santo Ângelo, códigos 02346049(ANA) e E3-032R (DAEE). A equação estabelecida é a seguinte:

$$i_{t,T} = 31,62 (t + 20)^{-0,8673} + 5,686 (t + 10)^{-0,8071} \cdot [-0,4847 - 0,9062 \ln \ln (T / T - 1)] \quad (02)$$

onde  $i$  é a intensidade da chuva (mm/min), correspondente à duração  $t$  (minutos) e período de retorno  $T$  (anos).

A equação é válida para durações entre 10 min e 1440 min e tempos de retorno até 100 anos.



A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

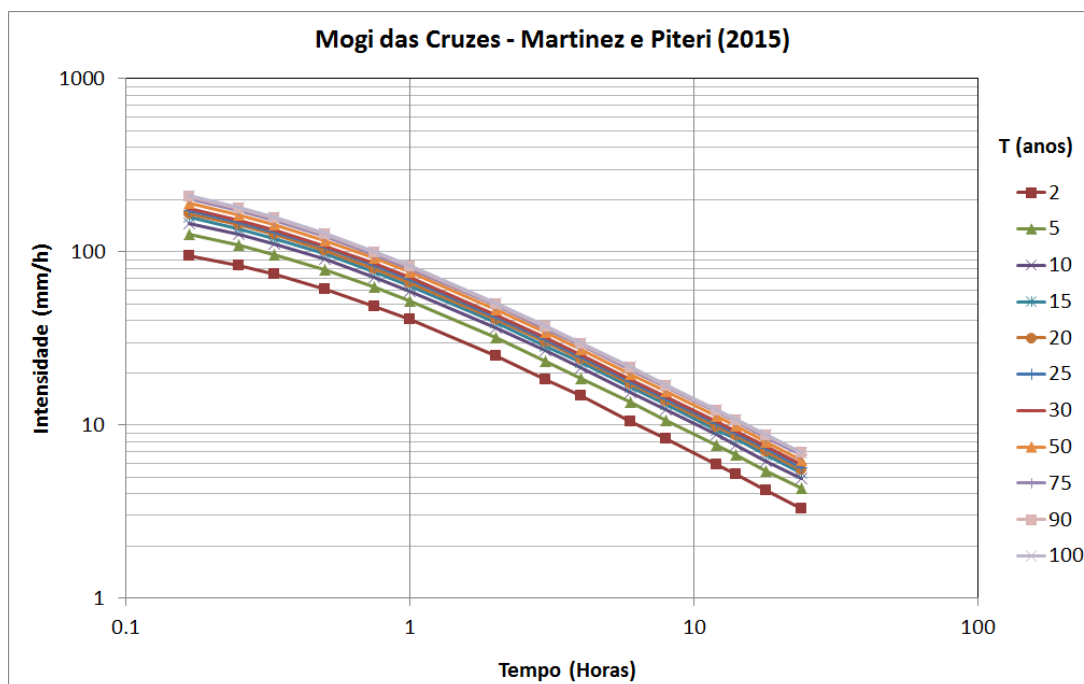


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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	75	100
<b>10 Minutos</b>	94,7	125,9	146,6	158,2	166,4	172,7	177,8	185,9	192,1	197,1	203,3	211,3
<b>15 Minutos</b>	83,0	109,1	126,4	136,1	142,9	148,2	152,4	159,2	164,4	168,6	173,8	180,4
<b>20 Minutos</b>	74,0	96,6	111,5	119,9	125,8	130,3	134	139,8	144,3	147,9	152,4	158,1
<b>30 Minutos</b>	61,1	79,0	90,8	97,4	102,1	105,7	108,6	113,2	116,8	119,7	123,2	127,8
<b>45 Minutos</b>	48,7	62,5	71,7	76,8	80,4	83,2	85,5	89,0	91,8	94,0	96,8	100,3
<b>1 HORA</b>	40,7	52,1	59,6	63,9	66,8	69,1	71,0	73,9	76,2	78,0	80,3	83,2
<b>2 HORAS</b>	25,1	32,0	36,5	39,1	40,9	42,3	43,4	45,2	46,6	47,7	49,1	50,8
<b>3 HORAS</b>	18,4	23,5	26,8	28,7	30,1	31,1	31,9	33,2	34,2	35,1	36,1	37,4
<b>4 HORAS</b>	14,7	18,7	21,4	22,9	24,0	24,8	25,5	26,5	27,3	28,0	28,8	29,8
<b>6 HORAS</b>	10,5	13,5	15,5	16,6	17,3	17,9	18,4	19,2	19,8	20,3	20,9	21,6
<b>8 HORAS</b>	8,3	10,7	12,2	13,1	13,7	14,2	14,6	15,2	15,7	16,1	16,5	17,1
<b>12 HORAS</b>	5,9	7,6	8,8	9,4	9,8	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,9	12,3
<b>14 HORAS</b>	5,2	6,7	7,7	8,3	8,7	9,0	9,2	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8
<b>18 HORAS</b>	4,2	5,4	6,2	6,7	7,0	7,3	7,5	7,8	8,0	8,3	8,5	8,8
<b>24 HORAS</b>	3,3	4,3	4,9	5,3	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9

**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	15,8	21,0	24,4	26,4	27,7	28,8	29,6	31,0	32,0	32,9	33,9	35,2
15 Minutos	20,8	27,3	31,6	34,0	35,7	37,1	38,1	39,8	41,1	42,2	43,5	45,1
20 Minutos	24,7	32,2	37,2	40,0	41,9	43,4	44,7	46,6	48,1	49,3	50,8	52,7
30 Minutos	30,6	39,5	45,4	48,7	51,1	52,9	54,3	56,6	58,4	59,9	61,6	63,9
45 Minutos	36,5	46,9	53,8	57,6	60,3	62,4	64,1	66,8	68,9	70,5	72,6	75,2
1 HORA	40,7	52,1	59,6	63,9	66,8	69,1	71,0	73,9	76,2	78,0	80,3	83,2
2 HORAS	50,2	64,0	73,0	78,2	81,8	84,6	86,8	90,4	93,2	95,4	98,2	101,6
3 HORAS	55,2	70,5	80,4	86,1	90,3	93,3	95,7	99,6	102,6	105,3	108,3	112,2
4 HORAS	58,8	74,8	85,6	91,6	96,0	99,2	102,0	106,0	109,2	112,0	115,2	119,2
6 HORAS	63,0	81,0	93,0	99,6	103,8	107,4	110,4	115,2	118,8	121,8	125,4	129,6
8 HORAS	66,4	85,6	97,6	104,8	109,6	113,6	116,8	121,6	125,6	128,8	132,0	136,8
12 HORAS	70,8	91,2	105,6	112,8	117,6	122,4	126	130,8	134,4	138,0	142,8	147,6
14 HORAS	72,8	93,8	107,8	116,2	121,8	126	128,8	134,4	138,6	142,8	147,0	151,2
18 HORAS	75,6	97,2	111,6	120,6	126	131,4	135	140,4	144	149,4	153,0	158,4
24 HORAS	79,2	103,2	117,6	127,2	132	136,8	141,6	146,4	151,2	156	160,8	165,6

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=353060> Acesso em julho de 2017.

MARTINEZ JÚNIOR, F.; PITERI, R. F. Precipitações intensas para Mogi das Cruzes. In: SÃO PAULO. Governo do Estado. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. Precipitações Intensas no estado de São Paulo. São Paulo, 2016. p.131. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B8iXiltOrl5acHV6cXNaYUJBSGM/view>. Acesso em: julho 2017.

## 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 Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa

Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030

Tel.: 51 3406-7300 - Fax: 51 3233-7772

### 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**