

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais  
Município: Diogo de Vasconcelos  
Estação Pluviográfica: Acaiaca  
Código ANA: 02043009

 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**

**Município: Diogo de Vasconcelos - MG**

**Estação Pluviográfica: Acaiaca  
Código ANA 02043009**

**Equação Definida por COPASA/UFV (2001)**

**Recife  
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-FREQUÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência de Recife

Copyright © 2014 CPRM - Superintendência de Recife  
Avenida Sul, 2291 - Afogados - Centro Administrativo de Pernambuco  
Recife - PE – 50770-011  
Telefone: (81) 3316-1400  
Fax: (81) 3316-1403  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

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

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.  
Município: Diogo de Vasconcelos/MG. Estação Pluviométrica: Acaiaca, Código  
ANA 02043009. Margarida Regueira da Costa; José Alexandre Moreira Farias;  
Eber José de Andrade Pinto. Recife, PE: CPRM, 2014.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - COSTA, M. R. da;  
FARIAS, J. A. M.; 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 RECIFE**

*José Wilson de Castro Temoteo*  
**Superintendente**

*Adriano da Silva Santos*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Adeilson Alves Wanderlei*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*José Pessoa Veiga Júnior*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Gilberto Augusto Pinto Ribeiro Junior*  
**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 Késsia 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.

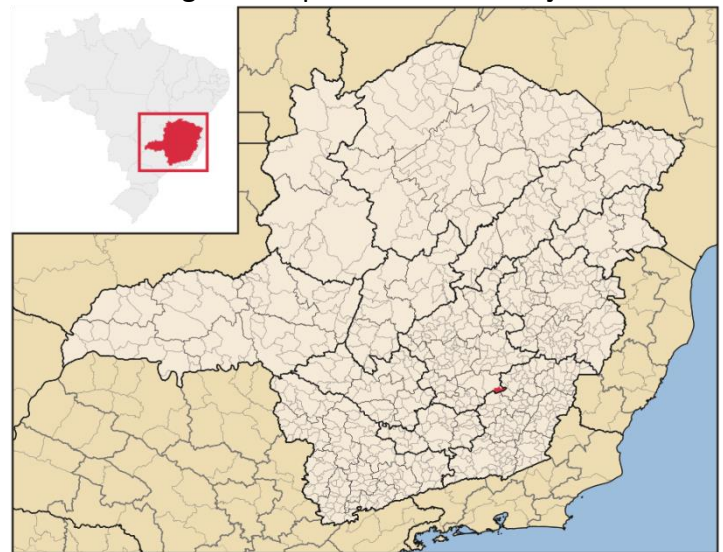
Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Acaiaca/MG por COPASA/UFV (2001), onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Acaiaca, código ANA 02043009. O município de Acaiaca/MG é vizinho ao município de Diogo de Vasconcelos/MG.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Diogo de Vasconcelos/MG e regiões circunvizinhas.

O município de Diogo de Vasconcelos está localizado no Estado de Minas Gerais, na microrregião de Ouro Preto e mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, fazendo fronteira com os municípios de Mariana, Acaiaca, Piranga e Guaraciaba. O município de Diogo de Vasconcelos/MG possui área de 165,091 km<sup>2</sup> (IBGE). Segundo o IBGE, apresenta no ano de 2014 uma população estimada de 3.929 habitantes.

A Estação Acaiaca, Código ANA 02043009, está localizada na Latitude 20°21'45"S e Longitude 43°08'38"W. Atualmente, esta estação pluviográfica é de responsabilidade da ANA e operação pela CPRM. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Município de Diogo de Vasconcelos/MG

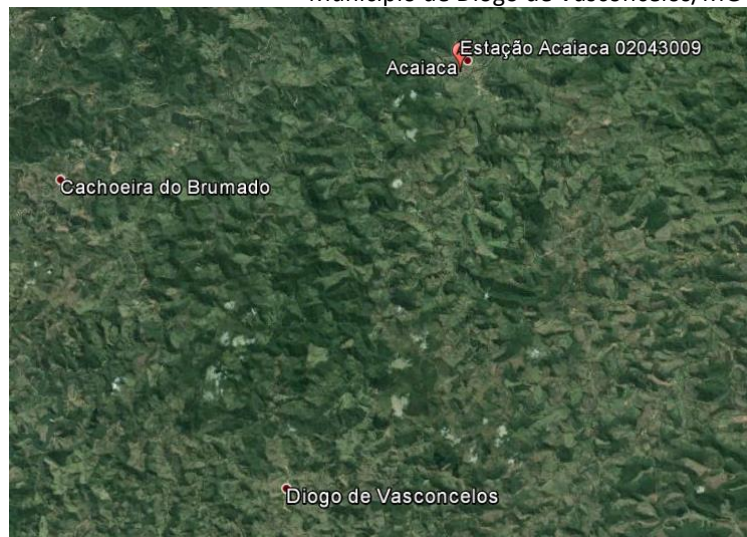


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica. (Fontes: Wikipédia e Google, 2014)



## 2 - EQUAÇÃO

A equação IDF para a cidade de Diogo de Vasconcelos foi definida por COPASA/UFV (2001), onde foram utilizados os dados da estação Acaiaca, código ANA 02043009. O período de dados utilizados no trabalho foram os seguintes: 1973-1986 e 1988-1999 (26 anos).

A Figura 02 apresenta as curvas de intensidade resultantes da equação ajustada.

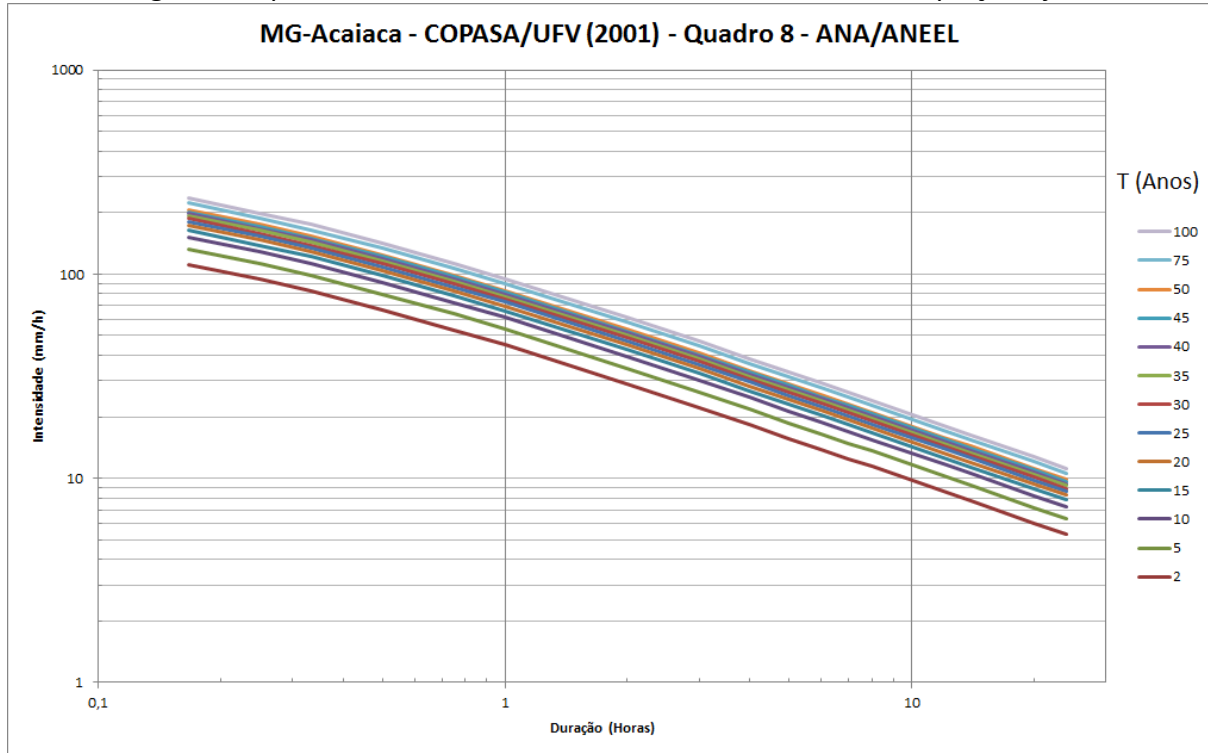


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$P(mm) = \left[ \frac{aT^b}{(t+c)^d} \right] \times \left( \frac{t}{60} \right) \quad (01)$$

Onde:

$P$  é a Altura de Precipitação (mm)

$T$  é o tempo de retorno (anos)

$t$  é a duração da precipitação (minutos)

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

No caso de Diogo de Vasconcelos, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 766,466; b = 0,191; c = 8,951; d = 0,701$$

$$P(mm) = \left[ \frac{766,466T^{0,191}}{(t+8,951)^{0,701}} \right] \times \left( \frac{t}{60} \right) \quad (02)$$

Esta equação é válida para durações de 10 minutos a 24 hora e 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, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	111,3	132,5	151,3	163,5	172,7	180,3	186,6	197,2	205,8	213,1	222,3	234,9
15 Minutos	94,4	112,5	128,4	138,7	146,6	153,0	158,4	167,3	174,6	180,8	188,7	199,3
20 Minutos	82,7	98,5	112,4	121,5	128,3	133,9	138,7	146,5	152,9	158,3	165,2	174,5
30 Minutos	67,1	80,0	91,3	98,7	104,2	108,8	112,6	119,0	124,2	128,6	134,2	141,8
45 Minutos	53,4	63,7	72,7	78,5	83,0	86,6	89,6	94,7	98,8	102,3	106,8	112,8
1 HORA	45,0	53,6	61,2	66,1	69,9	72,9	75,5	79,7	83,2	86,2	89,9	95,0
2 HORAS	29,0	34,6	39,5	42,6	45,0	47,0	48,7	51,4	53,7	55,6	58,0	61,2
3 HORAS	22,2	26,4	30,2	32,6	34,5	36,0	37,2	39,3	41,0	42,5	44,4	46,9
4 HORAS	18,3	21,8	24,9	26,9	28,4	29,6	30,7	32,4	33,8	35,0	36,6	38,6
5 HORAS	15,7	18,7	21,4	23,1	24,4	25,5	26,4	27,9	29,1	30,1	31,4	33,2
6 HORAS	13,9	16,5	18,9	20,4	21,6	22,5	23,3	24,6	25,7	26,6	27,7	29,3
7 HORAS	12,5	14,9	17,0	18,4	19,4	20,2	21,0	22,1	23,1	23,9	25,0	26,4
8 HORAS	11,4	13,6	15,5	16,7	17,7	18,5	19,1	20,2	21,1	21,8	22,8	24,1
12 HORAS	9,8	11,6	13,3	14,4	15,2	15,8	16,4	17,3	18,1	18,7	19,5	20,6
14 HORAS	7,7	9,2	10,5	11,4	12,0	12,5	13,0	13,7	14,3	14,8	15,5	16,3
20 HORAS	6,0	7,2	8,2	8,9	9,4	9,8	10,1	10,7	11,2	11,6	12,1	12,8
24 HORAS	5,3	6,3	7,2	7,8	8,3	8,6	8,9	9,4	9,8	10,2	10,6	11,2

**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	18,5	22,1	25,2	27,2	28,8	30,0	31,1	32,9	34,3	35,5	37,1	39,1
15 Minutos	23,6	28,1	32,1	34,7	36,6	38,2	39,6	41,8	43,7	45,2	47,2	49,8
20 Minutos	27,6	32,8	37,5	40,5	42,8	44,6	46,2	48,8	51,0	52,8	55,1	58,2
30 Minutos	33,6	40,0	45,7	49,3	52,1	54,4	56,3	59,5	62,1	64,3	67,1	70,9
45 Minutos	40,1	47,7	54,5	58,9	62,2	64,9	67,2	71,0	74,1	76,7	80,1	84,6
1 HORA	45,0	53,6	61,2	66,1	69,9	72,9	75,5	79,7	83,2	86,2	89,9	95,0
2 HORAS	58,0	69,1	78,9	85,3	90,1	94,0	97,3	102,8	107,3	111,1	115,9	122,5
3 HORAS	66,6	79,3	90,6	97,8	103,4	107,9	111,7	118,0	123,1	127,5	133,1	140,6
4 HORAS	73,2	87,2	99,5	107,5	113,6	118,5	122,7	129,7	135,3	140,1	146,2	154,5
5 HORAS	78,6	93,7	106,9	115,5	122,1	127,4	131,9	139,3	145,4	150,5	157,1	166,0
6 HORAS	83,3	99,2	113,3	122,4	129,3	135,0	139,7	147,6	154,1	159,5	166,5	175,9
7 HORAS	87,5	104,2	118,9	128,5	135,8	141,7	146,7	155,0	161,7	167,5	174,7	184,6
8 HORAS	91,2	108,6	124,0	134,0	141,5	147,7	152,9	161,6	168,6	174,6	182,2	192,5
12 HORAS	97,7	116,4	132,9	143,6	151,7	158,3	163,9	173,2	180,7	187,1	195,3	206,3
14 HORAS	108,4	129,1	147,4	159,3	168,3	175,6	181,8	192,1	200,4	207,5	216,6	228,8
20 HORAS	120,9	144,0	164,3	177,6	187,6	195,8	202,7	214,2	223,5	231,4	241,5	255,1
24 HORAS	127,7	152,2	173,7	187,7	198,3	206,9	214,3	226,4	236,2	244,6	255,2	269,7

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Diogo de Vasconcelos, foi registrada uma Chuva de 90 mm com duração de 60 minutos, a qual gerou vários 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:*

$$T = \left[ \frac{60 \times P}{t} \times \frac{(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

*A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 90mm dividido por 1 h é igual a 90 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:*

$$T = \left[ \frac{60 \times 90}{60} \times \frac{(60 + 8,951)^{0,701}}{766,466} \right]^{1/0,191} = 75,4 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 75,4 anos corresponde a uma probabilidade de 1,33% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou*

$$P(i \geq 90\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{75,4} 100 = 1,33\%$$

*O evento ocorrido apresenta um tempo de retorno de 75,4 anos, o qual é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem urbana de Diogo de Vasconcelos, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.*

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. *Drenagem Urbana: Manual de Projeto*. 3ª ed, São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

COPASA/UFV. *Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais / equipe de trabalho Adir José de Freitas ... [e outros]*. 1ª ed, Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa – UFV. 2001.

DAEE. *Precipitações Intensas no Estado de São Paulo*. Departamento de Águas e Energia Elétrica DAEE / Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos - USP, Dezembro de 2013.

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://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=312170&search=minas-gerais|diogo-de-vasconcelos>. Acesso em outubro de 2014.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

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

TABORGA, J. T. *Práticas Hidrológicas*. TRANSCON Consultoria Técnica Ltda. Rio de Janeiro, RJ, 1974.

WIKIPEDIA, 2014. Ficheiro – Minas Gerais - Município de Diogo de Vasconcelos. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Diogo\\_de\\_Vasconcelos\\_\(Minas\\_Gerais\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Diogo_de_Vasconcelos_(Minas_Gerais)). Acesso em: outubro de 2014.

# 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 Recife

Av. Sul, 2.291 - Afogados  
Recife - PE - CEP: 50770-011  
Tel.: 81 3316-1400 - Fax: 81 3316-1403

### 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)

