

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: Santa Luzia

 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**

**CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE  
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL  
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA**

**Município: Santa Luzia - MG**

**Equação Definida por Pinheiro (1997)**

**BELO HORIZONTE  
2014**

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE  
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES

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) 3878-0376  
Fax: (31) 3878-0322  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

CDU : 556.51

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

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.  
Município: Santa Luzia. Equação Definida por Pinheiro (1997). Eber José de  
Andrade Pinto. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2014.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - PINTO, E. J. A.

**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

Waldir Duarte da Costa Filho

**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**

*Marcelo de Araújo Vieira*  
**Superintendente**

*Márcio de Oliveira Cândido*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Márcio Antônio da Silva*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Frederico André Favre*  
**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

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

Osvalcílio Mercês 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

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

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

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 de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para a região metropolitana de Belo Horizonte por Pinheiro (1997).

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Santa Luzia, Estado de Minas Gerais.

O município de Santa Luzia está localizado no Estado de Minas Gerais, está inserido na Região Metropolitana de Belo Horizonte, esta distante da capital a 18 km, os municípios limítrofes são Belo Horizonte, Vespasiano, Lagoa Santa, Jaboticatubas, Taquaraçu de Minas e Sabará. O município possui área territorial de 235.327 km<sup>2</sup> (IBGE) e sua altitude em relação ao nível médio do mar é aproximada de 751 metros. Apresenta uma população estimada de 214,830 habitantes (IBGE, 2014).

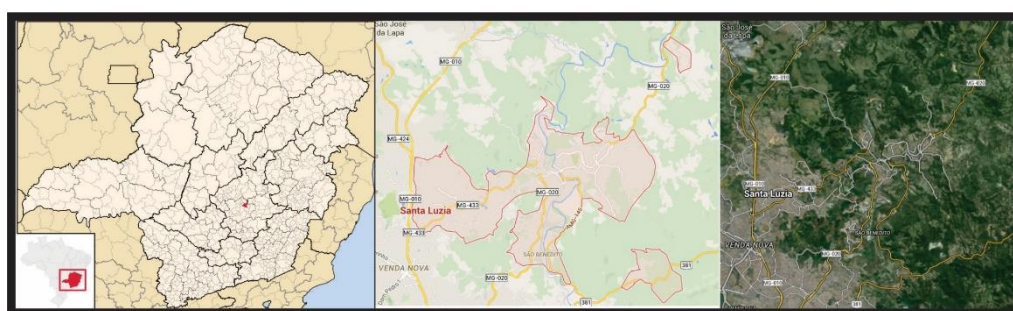


Figura 01 – Localização do Município . (Fonte: Google, 2014)

## 2 - EQUAÇÃO

As relações IDF podem ser locais, ou seja, utilizam as informações de uma estação pluviográfica na sua definição, ou regional, onde os dados de todas as estações pluviográficas de uma região considerada homogênea são utilizados no estabelecimento das relações IDF da região.

No caso da região metropolitana de Belo Horizonte foram realizados alguns estudos que procuraram estabelecer relações IDF local, geralmente para a estação do INMET de Belo Horizonte, e apenas um trabalho de análise regional. Dentre os estudos de análise local podemos destacar: Pfafstetter (1957), Freitas (1981), SUDECAP (1982), Pinto (1995) e Versiani et al (1995).

A equação IDF regional para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, desenvolvido por Pinheiro (1997), foi definida a partir de uma metodologia de análise regional de precipitações intensas com o uso de momentos-L. A equação estabelecida foi a seguinte:

$$I_{T,i} = 0,76542d^{-0,7059}PA^{0,5360}\mu_{T,d} \quad (01)$$

sendo

$I_{T,i}$  , (mm/h), a estimativa da intensidade média do local i, associada ao período de retorno  $T$ ;

$d$ , (horas), a duração da precipitação;

$PA$ , (mm), precipitação total anual média, a Figura 02 apresenta a configuração isoietal das precipitações totais anuais médias do município de Santa Luzia;

$\mu_{T,d}$ , quantil regional adimensionalizado associado ao período de retorno  $T$  e à duração da precipitação  $d$ , conforme a equação abaixo

$$\mu_{T,D} = \beta^* - \left[ \alpha \left( \text{Ln} \left[ -\text{Ln} \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right) \right] \quad (02)$$

onde  $\beta^*$  e  $\alpha$  são parâmetros que variam com a duração da chuva e podem ser obtidos na Tabela 01

Tabela 01 – Parâmetros  $\beta^*$  e  $\alpha$  da equação 02

|           | Duração |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 10 min  | 15 min | 30 min | 45 min | 1 h   | 2 h   | 3 h   | 4 h   | 8 h   | 14 h  | 24 h  |
| $\alpha$  | 0,220   | 0,217  | 0,209  | 0,221  | 0,229 | 0,226 | 0,229 | 0,220 | 0,232 | 0,259 | 0,283 |
| $\beta^*$ | 0,932   | 0,933  | 0,936  | 0,932  | 0,930 | 0,931 | 0,930 | 0,930 | 0,929 | 0,921 | 0,913 |

A equação IDF da região metropolitana de Belo Horizonte é válida para tempos de retorno até 200 anos e durações entre 10 minutos e 24 horas.

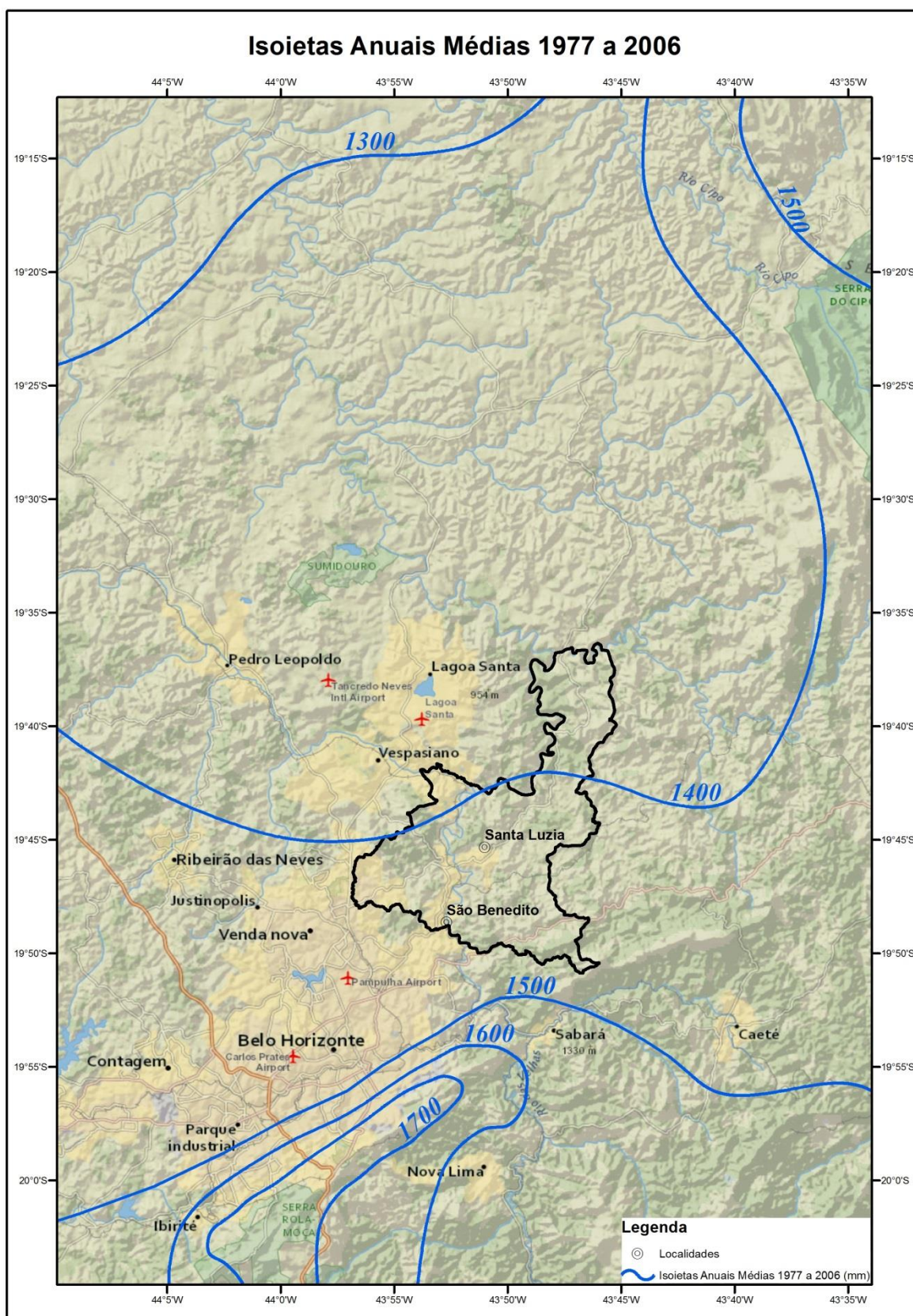


Figura 02 – Isoietas anuais médias de município de Santa Luzia

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Para ilustrar o uso da equação acima em um ponto do município de Santa Luzia vamos um valor de precipitação média anual, 1400mm. As precipitações médias anuais podem ser obtidas na Figura 02.

Substituindo a precipitação média anual de 1400mm na Equação 01, temos:

$$I_{T,i} = 0,76542d^{-0,7059}(1400)^{0,5360}\mu_{T,d} \quad (03)$$

O parâmetro,  $\mu_{T,d}$ , quantil regional adimensionalizado associado ao período de retorno T e à duração da precipitação d, é calculado coma a equação 02. A Tabela 02 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno para precipitação média anual de 1400mm. Enquanto que na Tabela 03 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno para precipitação média anual de 1400mm.

**Tabela 02 – Intensidade da chuva em mm/h. (PA = 1400mm)**

| T (anos) | 10 min | 15 min | 30 min | 45 min | 1 h  | 2 h  | 3 h  | 4 h  | 8 h  | 14 h | 24 h |
|----------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2        | 133,4  | 100,2  | 61,4   | 46,1   | 37,7 | 23,1 | 17,4 | 14,1 | 8,7  | 5,9  | 4    |
| 5        | 166,2  | 124,5  | 75,8   | 57,6   | 47,3 | 28,9 | 21,8 | 17,6 | 10,9 | 7,6  | 5,3  |
| 10       | 188    | 140,6  | 85,3   | 65,1   | 53,7 | 32,8 | 24,7 | 19,9 | 12,4 | 8,7  | 6,1  |
| 15       | 200,2  | 149,7  | 90,6   | 69,4   | 57,3 | 35   | 26,4 | 21,2 | 13,3 | 9,3  | 6,6  |
| 25       | 215,5  | 161    | 97,3   | 74,6   | 61,8 | 37,7 | 28,5 | 22,8 | 14,3 | 10,1 | 7,2  |
| 50       | 235,8  | 176,1  | 106,2  | 81,7   | 67,8 | 41,3 | 31,2 | 25   | 15,7 | 11,1 | 8    |
| 75       | 247,7  | 184,8  | 111,4  | 85,8   | 71,3 | 43,4 | 32,8 | 26,2 | 16,5 | 11,8 | 8,4  |
| 100      | 256,1  | 191    | 115    | 88,8   | 73,7 | 44,9 | 33,9 | 27,1 | 17,1 | 12,2 | 8,7  |
| 125      | 262,5  | 195,9  | 117,9  | 91     | 75,6 | 46,1 | 34,8 | 27,8 | 17,5 | 12,5 | 9    |
| 150      | 267,9  | 199,8  | 120,2  | 92,9   | 77,2 | 47   | 35,5 | 28,4 | 17,9 | 12,8 | 9,2  |
| 175      | 272,3  | 203,1  | 122,2  | 94,4   | 78,5 | 47,8 | 36,1 | 28,9 | 18,2 | 13   | 9,4  |
| 200      | 276,2  | 206    | 123,9  | 95,8   | 79,6 | 48,5 | 36,7 | 29,3 | 18,5 | 13,2 | 9,5  |

**Tabela 03 – Altura de chuva em mm. (PA = 1400mm)**

| T (anos) | 10 min | 15 min | 30 min | 45 min | 1 h  | 2 h  | 3 h   | 4 h   | 8 h   | 14 h  | 24 h  |
|----------|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2        | 22,2   | 25,1   | 30,7   | 34,6   | 37,7 | 46,2 | 52,2  | 56,4  | 69,6  | 82,6  | 96    |
| 5        | 27,7   | 31,1   | 37,9   | 43,2   | 47,3 | 57,8 | 65,4  | 70,4  | 87,2  | 106,4 | 127,2 |
| 10       | 31,3   | 35,2   | 42,7   | 48,8   | 53,7 | 65,6 | 74,1  | 79,6  | 99,2  | 121,8 | 146,4 |
| 15       | 33,4   | 37,4   | 45,3   | 52,1   | 57,3 | 70   | 79,2  | 84,8  | 106,4 | 130,2 | 158,4 |
| 25       | 35,9   | 40,3   | 48,7   | 56     | 61,8 | 75,4 | 85,5  | 91,2  | 114,4 | 141,4 | 172,8 |
| 50       | 39,3   | 44     | 53,1   | 61,3   | 67,8 | 82,6 | 93,6  | 100   | 125,6 | 155,4 | 192   |
| 75       | 41,3   | 46,2   | 55,7   | 64,4   | 71,3 | 86,8 | 98,4  | 104,8 | 132   | 165,2 | 201,6 |
| 100      | 42,7   | 47,8   | 57,5   | 66,6   | 73,7 | 89,8 | 101,7 | 108,4 | 136,8 | 170,8 | 208,8 |
| 125      | 43,8   | 49     | 59     | 68,3   | 75,6 | 92,2 | 104,4 | 111,2 | 140   | 175   | 216   |
| 150      | 44,7   | 50     | 60,1   | 69,7   | 77,2 | 94   | 106,5 | 113,6 | 143,2 | 179,2 | 220,8 |
| 175      | 45,4   | 50,8   | 61,1   | 70,8   | 78,5 | 95,6 | 108,3 | 115,6 | 145,6 | 182   | 225,6 |
| 200      | 46     | 51,5   | 62     | 71,9   | 79,6 | 97   | 110,1 | 117,2 | 148   | 184,8 | 228   |

A Figura 03 apresenta as relações intensidade-duração-frequência associadas as precipitações médias anuais de 1400mm.

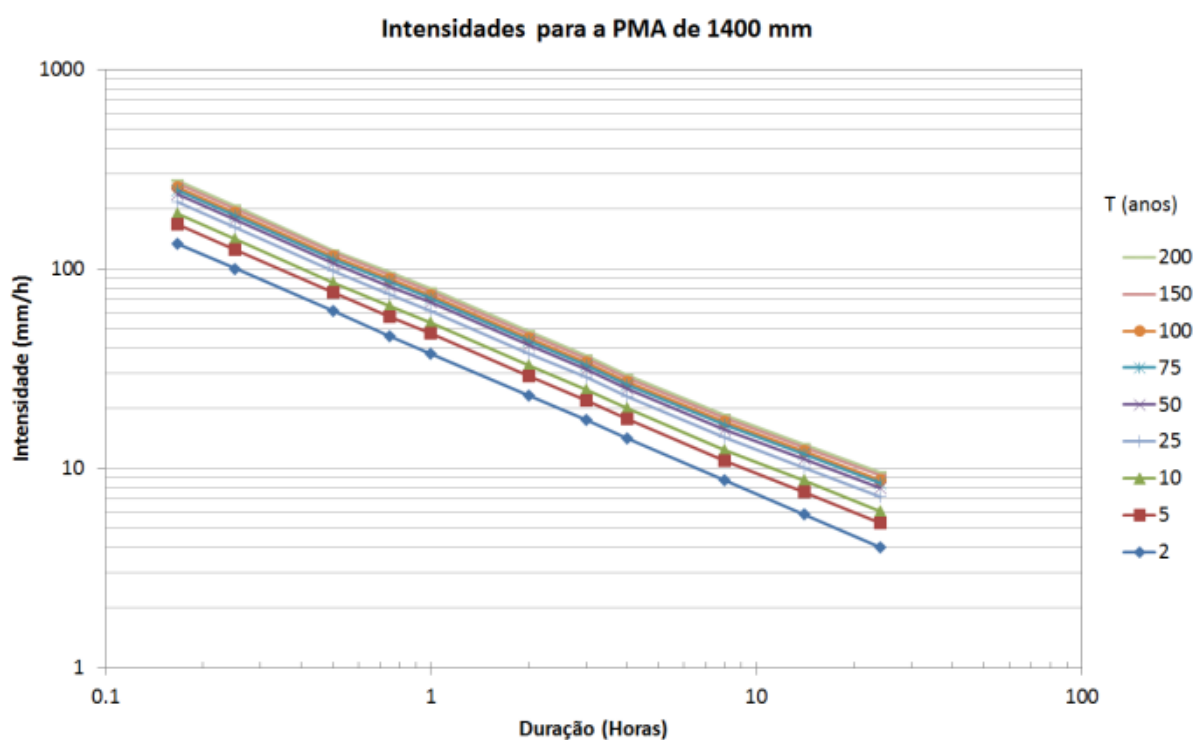


Figura 03 - Curvas intensidade-duração-frequência (PMA de 1400mm)

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREITAS, A. J. *Precipitações. Suas aplicações aos dados obtidos pela estação meteorológica de Lourdes, do Departamento Nacional de Meteorologia, do Ministério da Agricultura EE-UFMG*. Dissertação de Mestrado, 1981.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=315780&search=minas-gerais|santa-luzia>. Acesso em: Dezembro de 2014.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil. Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. Rio de Janeiro. Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 2ª ed., 1982. 1ª ed. 1957.

PINHEIRO. M. M. G. *Estudo de chuvas intensas na região metropolitana de Belo Horizonte – RMBH*. Belo Horizonte: EE-UFMG. Dissertação de Mestrado, 1997. 216 p.

PINTO, F. A. *Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais: Análises e Modelos*. UFV. Tese de Doutorado. 1995.

SUDECAP. Plano de Urbanização e Saneamento Básico de Belo Horizonte. *Canalização do Ribeirão Arrudas: Memória Justificativa dos estudos hidrológicos do vale do ribeirão Arrudas*. Belo Horizonte, set., 1982.

VERSIONI, B. R., COELHO, M. F. C. D., MAGALHÃES, P. H. V., SPERANDIO SÁ, A. Equações intensidade-duração-frequência para a região metropolitana de Belo Horizonte: estudo e nova abordagem. In: *XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, II Simpósio de Hidráulica dos Países de Língua Oficial Portuguesa*. Recife. Anais 1, 1995, 4v.

WIKIPEDIA, 2014. Ficheiro – Minas Gerais - Município de Belo Horizonte. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Belo\\_Horizonte](http://pt.wikipedia.org/wiki/Belo_Horizonte). Acesso em: Dezembro 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 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

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370  
E-mail: marketing@cprm.gov.br

### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495  
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897  
E-mail: seus@cprm.gov.br

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



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE  
GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA