

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro  
Município: São Gonçalo  
Estação Pluviométrica: Horto Florestal  
Código ANA: 02243236

 SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM



2013

**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: São Gonçalo - RJ**

**Estação Pluviométrica: Horto Florestal  
Código: 02243236**

**FORTALEZA  
2013**

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)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Residência de Fortaleza

Copyright @ 2013 CPRM - Residência de Fortaleza  
Av. Antônio Sales 1418 – Joaquim Távora  
Fortaleza - CE - 60.135-101  
Telefone: (85) 3878-0226  
Fax: (85) 3878-0240  
<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: São Gonçalo/RJ. Estação Pluviométrica: Horto Florestal, Código 02243236. José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Fortaleza, CE: CPRM,2013.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - 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

## **RESIDÊNCIA DE FORTALEZA**

*Darlan Filgueira Maciel*  
**Chefe da Residência**

*Jaime Quintas dos Santos Colares*  
**Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*José Adilson Dias Cavalcanti*  
**Assistente de Geologia e Recursos Minerais**

*Francisco Edson Mendonça Gomes*  
**Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Francisco de Assis Vasconcelos*  
**Assistente 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

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

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

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

### **Apoio Técnico**

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**

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

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

Débora de Sousa Gurgel - 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 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). 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 São Gonçalo/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Horto Florestal, Código 02243236. Esta estação fica localizada no vizinho município de Niterói/RJ.



## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de São Gonçalo/RJ.

O município de São Gonçalo está localizado no Estado do Rio de Janeiro, na microrregião do Rio de Janeiro e mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro, a 25km da Capital do Estado, fazendo fronteira com os municípios de Niterói, Maricá, Guapimirim e Itaboraí. O município possui área de 248km<sup>2</sup> (IBGE) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 19 metros. Apresenta uma população de 999.728 habitantes (IBGE, 2010).

A Estação Horto Florestal, código 02243236, ficava localizada na Latitude 22°52'58.00"S e Longitude 43°06'27.00"O, no vizinho município de Niterói. Esta estação pluviométrica consta no Inventário Nacional da Agência Nacional de Águas – ANA com Status de “*em operação*”, estando sob a responsabilidade e operação do Instituto Estadual do Ambiente (Inea) – RJ. 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 e da estação.



Localização de São Gonçalo no Rio de Janeiro

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fontes: Wikipédia e Google, 2013)

## 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 Horto Florestal, código 02243236, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, 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 por Pfafstetter (1982) para o município de Niterói, distante 2 km da Estação Horto Florestal, código 02243236. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



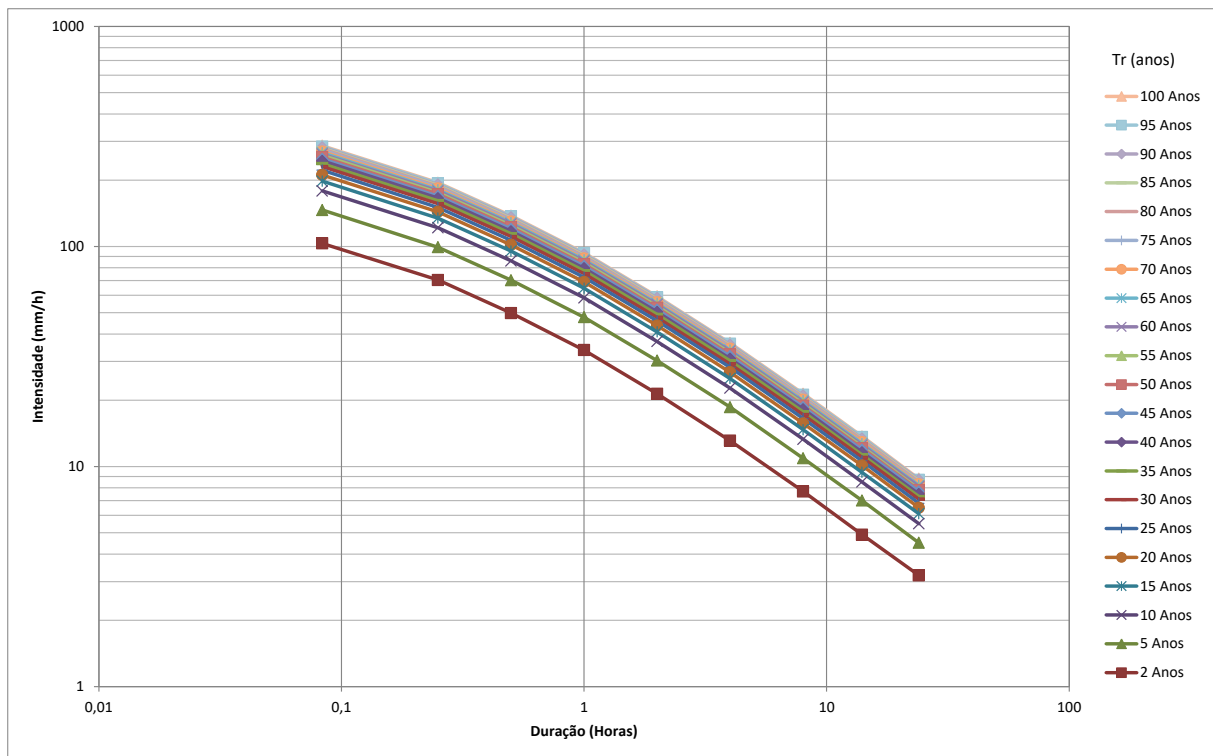


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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

$$i = \left\{ \left[ (a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60)) \right] + c \ln(T) + d \right\} / t \quad (01)$$

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 São Gonçalo, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,5985 ; b = 10,0027 ; c = 14,5338 ; d = 22,0042 \text{ e } \delta = 7$$

$$i = \left\{ \left[ (6,5985 \ln(T) + 10,0027) \cdot \ln(t + (7/60)) \right] + 14,5338 \ln(T) + 22,0042 \right\} / t \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

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

$$a = 6,1006 ; b = 9,2347 ; c = 15,1909 ; d = 23,0024 \text{ e } \delta = 1$$

$$i = \left\{ \left[ (6,1006 \ln(T) + 9,2347) \cdot \ln(t + (1/60)) \right] + 15,1909 \ln(T) + 23,0024 \right\} / t \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos.

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em São Gonçalo, foi registrada uma Chuva de 45mm com duração de 15 minutos, 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:

$$T = \exp \left[ \frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 45 mm dividido por 0,25 h é igual a 180 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[ \frac{180 \times 0,25 - 10,0027 \ln(0,25 + (7/60)) - 22,0042}{6,5985 \ln(0,25 + (7/60)) + 14,5338} \right] = 65,0 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 65,0 anos corresponde a uma probabilidade de 1,54% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 180 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{65,0} 100 = 1,54\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 65,0 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de micro drenagem de São Gonçalo, 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.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em outubro de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=330490&search=rio-de-janeiro|sao-goncalo>. Acesso em outubro de 2013.

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, 2013. Ficheiro – Rio de Janeiro - Município de São Gonçalo. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o\\_Gon%C3%A7alo\\_%28Rio\\_de\\_Janeiro%29](http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Gon%C3%A7alo_%28Rio_de_Janeiro%29). Acesso em: outubro de 2013.

## ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)

Máximo por Ano Hidrológico (01/Out a 30/Set)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1976	1977	19/07/1977	80,9
1977	1978	08/02/1978	127,4
1978	1979	22/08/1979	55,2
1979	1980	11/11/1979	39,5
1980	1981	13/10/1980	49,8
1981	1982	03/01/1982	94,4
1982	1983	20/03/1983	83,2
1983	1984	26/12/1983	57,8
1984	1985	26/01/1985	85,8
1985	1986	16/04/1986	70,5
1986	1987	10/02/1987	87,5
1987	1988	12/02/1988	69,4
1988	1989	12/06/1989	63,4
1989	1990	19/04/1990	159,5
1990	1991	07/05/1991	66,2
1991	1992	27/04/1992	51,7
1992	1993	05/11/1992	59
1993	1994	03/03/1994	69,4

# 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

### Residência de Fortaleza

Av. Antônio Sales, 1.418 - Joaquim Távora  
Fortaleza - CE - CEP: 60135-101  
Tel.: 85 3878-0200 - Fax: 85 3878-0240

### 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)

