

**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  
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

**Município: Porto Real - RJ**

**Estação Pluviométrica: Resende,  
Códigos 02244092 (ANA); 83738 (INMET)**

**SÃO PAULO  
2016**

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 (Desagregação  
de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de São Paulo

Copyright © 2016 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo  
Rua Costa, 55 - Bairro Cerqueira César  
São Paulo - SP - 01304-010  
Telefone: 0(xx)(11) 3775-5101  
Fax: 0(xx)(11) 3256-8430  
<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: Porto Real/RJ. Estação Pluviométrica: Resende, Códigos 02244092 (ANA); 83738 (INMET). Caluan Rodrigues Capozzoli; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – São Paulo : CPRM, 2016.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CAPOZZOLI C.R.; PICKBRENER, K. e 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**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Luiz Eduardo Barata

**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

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Stênio Petrovich Pereira

**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 DE SÃO PAULO**

*José Carlos Garcia Ferreira*  
**Superintendente**

*Vanesca Sartorelli Medeiros*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Elizete Domingues Salvador*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Lauro Gracindo Pizzatto*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Marcos Evaristo da Silva*  
**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 memoriam*)

**Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico**

Eber José de Andrade Pinto

**Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade**

Marlon Colombo Hoelzel

**Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico**

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

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

**Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento - Sureg/BH

**Apoio Técnico**

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Betânia Rodrigues dos Santos– Sureg/GO

Celina Monteiro - Sureg/BE

Danielle Cutolo - Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar - Sureg/SP

Eliamara Soares Silva– RETE

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 para o município de Porto Real/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Resende, Códigos 02244092 (ANA) e 83738 (INMET), localizada no município de mesmo nome e distante 17 km da sede municipal de Porto Real.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Porto Real.

O município de Porto Real está localizado no estado do Rio de Janeiro, na microrregião do Vale Paraíba Fluminense. Porto Real faz divisa com os municípios de Barra Mansa (RJ), Resende (RJ) e Quatis (RJ).

O município de Porto Real possui área aproximada de 50 km<sup>2</sup> (IBGE) e a sede municipal localiza-se a uma altitude aproximada de 385 metros. Segundo o IBGE, apresentava no ano de 2010 uma população de 16.574 habitantes.

A Estação Resende, Códigos 02244092 (ANA) e 83738 (INMET), está localizada na Latitude 22°28'60"S e Longitude 44°26'43"W, no município de Resende, a uma distância aproximada de 17 km da sede municipal de Porto Real Esta estação é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

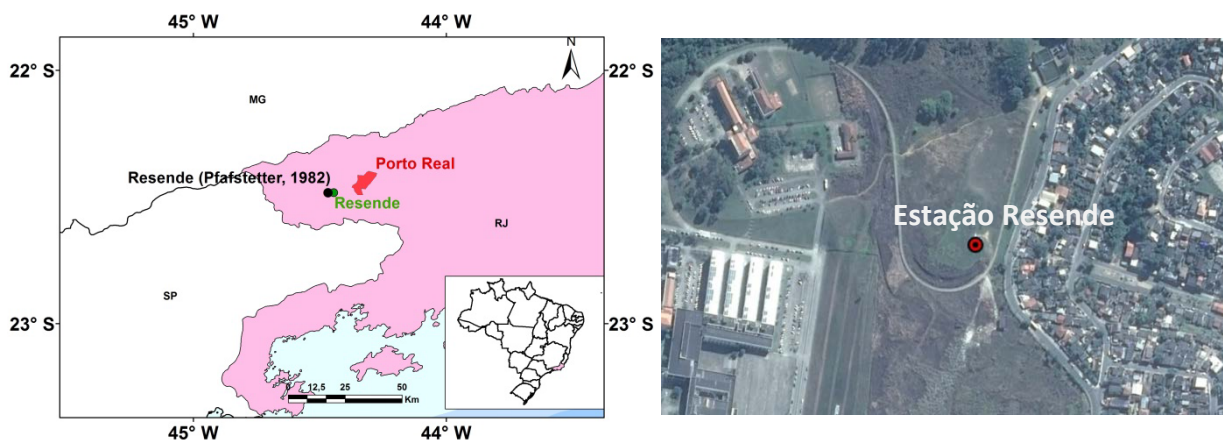


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

## 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 Resende, Códigos 02244092 (ANA) e 83738 (INMET), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Octubro a 30/Setembro), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gumbel, 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 Resende/RJ, distante cerca de 20 km da sede do município de Porto Real. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

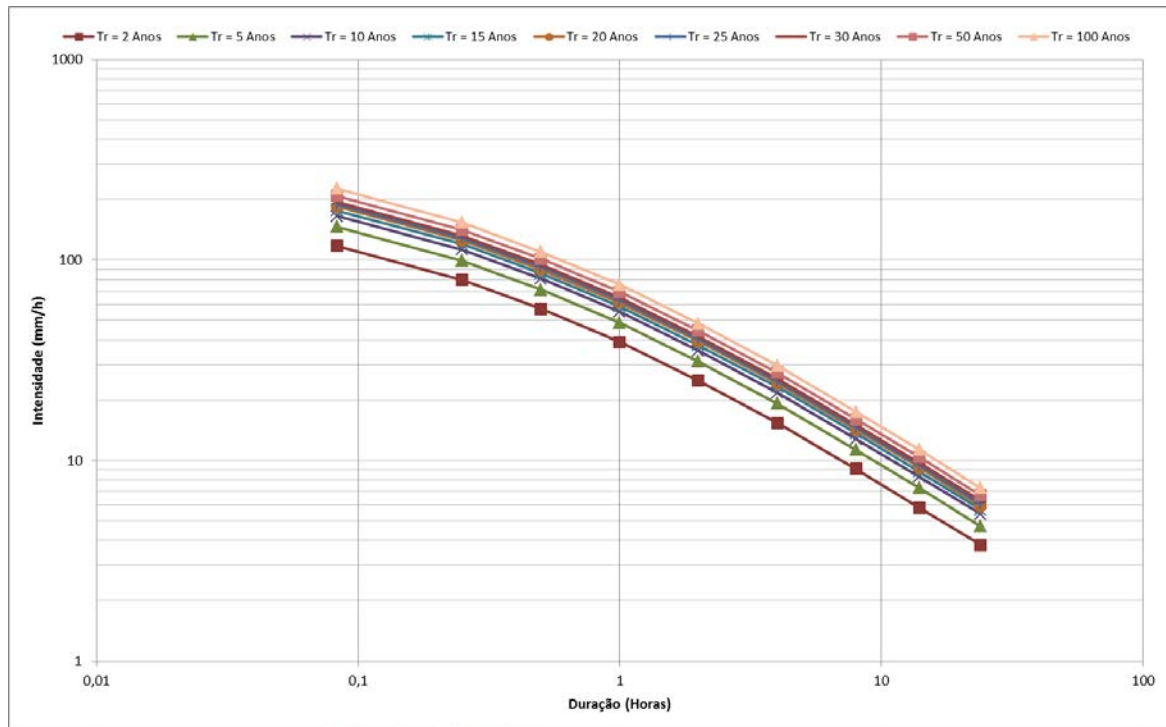


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

No caso de Resende, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 1020,1$  ;  $b = 0,1598$  ;  $c = 13,1$  e  $d = 0,7734$ , para as durações de 5 minutos até 24 horas

$$i = \frac{1020,1T^{0,1598}}{(t+13,1)^{0,7734}} \text{ para } 5 \text{ minutos} \leq t \leq 24 \text{ horas} \quad (02)$$

Esta equação é válida para 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, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	121,4	140,5	156,9	167,5	175,3	181,7	195,9	203,0	209,0	216,6	223,0	226,8
10 Minutos	100,5	116,3	130,0	138,7	145,2	150,5	162,2	168,1	173,1	179,3	184,6	187,8
15 Minutos	86,4	100,0	111,7	119,2	124,8	129,3	139,4	144,4	148,7	154,1	158,7	161,4
20 Minutos	76,1	88,1	98,4	105,0	109,9	113,9	122,8	127,3	131,0	135,8	139,8	142,2
30 Minutos	62,0	71,8	80,2	85,6	89,6	92,9	100,1	103,8	106,8	110,7	114,0	115,9
45 Minutos	49,2	57,0	63,7	67,9	71,1	73,7	79,5	82,4	84,8	87,9	90,5	92,0
1 HORA	41,2	47,7	53,3	56,9	59,6	61,7	66,5	69,0	71,0	73,6	75,7	77,0
2 HORAS	25,9	30,0	33,5	35,8	37,5	38,8	41,9	43,4	44,7	46,3	47,7	48,5
3 HORAS	19,5	22,5	25,2	26,8	28,1	29,1	31,4	32,5	33,5	34,7	35,7	36,3
4 HORAS	15,8	18,3	20,4	21,8	22,8	23,6	25,5	26,4	27,2	28,2	29,0	29,5
5 HORAS	13,4	15,5	17,3	18,5	19,3	20,0	21,6	22,4	23,0	23,9	24,6	25,0
6 HORAS	11,7	13,5	15,1	16,1	16,9	17,5	18,9	19,5	20,1	20,9	21,5	21,8
7 HORAS	10,4	12,1	13,5	14,4	15,0	15,6	16,8	17,4	17,9	18,6	19,1	19,5
8 HORAS	9,4	10,9	12,2	13,0	13,6	14,1	15,2	15,8	16,2	16,8	17,3	17,6
12 HORAS	6,9	8,0	9,0	9,6	10,0	10,4	11,2	11,6	11,9	12,4	12,7	13,0
14 HORAS	6,2	7,1	8,0	8,5	8,9	9,2	9,9	10,3	10,6	11,0	11,3	11,5
20 HORAS	4,7	5,4	6,1	6,5	6,8	7,0	7,6	7,9	8,1	8,4	8,6	8,8
24 HORAS	4,1	4,7	5,3	5,6	5,9	6,1	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,6

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	10,1	11,7	13,1	14,0	14,6	15,1	16,3	16,9	17,4	18,0	18,6	18,9
10 Minutos	16,7	19,4	21,7	23,1	24,2	25,1	27,0	28,0	28,8	29,9	30,8	31,3
15 Minutos	21,6	25,0	27,9	29,8	31,2	32,3	34,8	36,1	37,2	38,5	39,7	40,3
20 Minutos	25,4	29,4	32,8	35,0	36,6	38,0	40,9	42,4	43,7	45,3	46,6	47,4
30 Minutos	31,0	35,9	40,1	42,8	44,8	46,4	50,1	51,9	53,4	55,4	57,0	58,0
45 Minutos	36,9	42,8	47,8	51,0	53,4	55,3	59,6	61,8	63,6	65,9	67,9	69,0
1 HORA	41,2	47,7	53,3	56,9	59,6	61,7	66,5	69,0	71,0	73,6	75,7	77,0
2 HORAS	51,9	60,1	67,1	71,6	74,9	77,7	83,7	86,8	89,3	92,6	95,3	96,9
3 HORAS	58,4	67,6	75,5	80,5	84,3	87,4	94,2	97,6	100,5	104,1	107,2	109,0
4 HORAS	63,1	73,1	81,6	87,1	91,2	94,5	101,9	105,6	108,7	112,6	116,0	117,9
5 HORAS	66,9	77,5	86,5	92,3	96,7	100,2	108,0	111,9	115,2	119,4	123,0	125,0
6 HORAS	70,1	81,2	90,7	96,8	101,3	105,0	113,2	117,3	120,8	125,1	128,8	131,0
7 HORAS	72,9	84,4	94,3	100,6	105,3	109,1	117,7	121,9	125,5	130,1	133,9	136,2
8 HORAS	75,4	87,2	97,5	104,0	108,9	112,8	121,6	126,0	129,8	134,5	138,5	140,8
12 HORAS	83,2	96,3	107,6	114,8	120,2	124,5	134,3	139,1	143,2	148,4	152,8	155,4
14 HORAS	86,3	99,9	111,6	119,1	124,7	129,2	139,3	144,4	148,6	154,0	158,6	161,3
20 HORAS	93,9	108,7	121,4	129,6	135,7	140,6	151,6	157,1	161,7	167,6	172,5	175,5
24 HORAS	98,0	113,5	126,7	135,2	141,6	146,7	158,2	163,9	168,8	174,9	180,1	183,1

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Porto Real, foi registrada uma Chuva de 116 mm com duração de 4 horas (240 minutos). Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

*Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 03. Dessa forma temos:*

$$T = \left[ \frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

*A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 116 mm dividido por 4 h é igual a 29 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:*

$$T = \left[ \frac{29(240 + 13,1)^{0,7734}}{1020,1} \right]^{1/0,1598} = 90 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 90 anos corresponde a uma probabilidade de 1,11% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou*

$$P(i \geq 116\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{90} 100 = 1,11\%$$

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 11 de abril de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 09 de abril de 2016.

PFASFSTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. 2.ed. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Obras de Saneamento - Coordenadoria de Comunicação Social, 1982.

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

## ANEXO I

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

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

Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
06/02/1962	112,0
21/02/1963	71,5
03/01/1964	68,2
20/04/1965	67,5
01/01/1966	85,5
04/02/1967	106,5
27/10/1967	51,2
02/12/1968	116,4
24/11/1969	59,3
02/02/1971	59,2
25/03/1972	95,6
11/12/1972	71,1
02/02/1974	121,4
04/12/1974	64,8
20/03/1976	72,3
30/08/1977	63,2
14/02/1978	93,1
27/12/1979	87,4
12/11/1980	108,9
26/03/1982	109,7
13/02/1983	80,4
03/03/1994	66,2
13/12/1995	76,7
21/11/1996	81,2
15/11/1997	105,0
15/04/1999	67,0
03/01/2000	138,7
03/12/2002	61,1
29/11/2003	84,0
04/01/2005	53,8
10/02/2006	76,6
22/01/2007	89,8
20/02/2008	74,6
28/01/2009	73,4
28/12/2009	123,8
06/12/2010	120,4

ANEXO I (continuação)

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

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

29/03/2012	68,2
03/01/2013	85,6
26/11/2013	75,4
27/10/2014	73,0

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Resende/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,90	0,80	0,68	0,55	0,43

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,73	0,51	0,25