

**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: Paraíba do Sul - RJ

**Estação Pluviométrica: Paraíba do Sul
Código 02243003 (ANA)**

**PORTO ALEGRE
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 Porto Alegre

Copyright @ 2016 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
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 (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Paraíba do Sul/RJ. Estação Pluviométrica: Paraíba do Sul, Código ANA 02243003. Adriana Burin Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2016.

13p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - WESCHENFELDER, A.B.; PICKBRENNER, 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 REGIONAL DE PORTO ALEGRE

José Leonardo Silva Andriotti
Superintendente

Marcos Alexandre de Freitas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Alexandre Goulart
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

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 Silvado 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 Paraíba do Sul/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Paraíba do Sul, código ANA 02243003, localizada no referido município, distante aproximadamente 1 km da sede.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Paraíba do Sul.

O município de Paraíba do Sul está localizado no estado do Rio de Janeiro, na região Centro Sul Fluminense, na fronteira com o estado de Minas Gerais e situa-se na Latitude $22^{\circ}09'32''$ S e Longitude $43^{\circ}18'15,9''$ W. O município de Paraíba do Sul possui área aproximada de 581 km^2 (IBGE) e a sede localiza-se a uma altitude aproximada de 312 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 41.084 habitantes.

A estação Paraíba do Sul, código 02243003, está localizada na Latitude $22^{\circ}08'49,2''$ S e Longitude $43^{\circ}17'27,6''$ W, a uma distância aproximada de 1 km da sede do município de Paraíba do Sul. Esta estação fica inserida na sub-bacia 58, sub-bacia do Rio Paraíba do Sul, na porção que abrange o estado do Rio de Janeiro.

Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro padrão DNAEE. 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 Paraíba do Sul, código 02243003, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Outubro 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 Capozzoli *et al.* (2016) para o município de Rio das Flores/RJ, distante aproximadamente 29 km do município de Paraíba do Sul. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

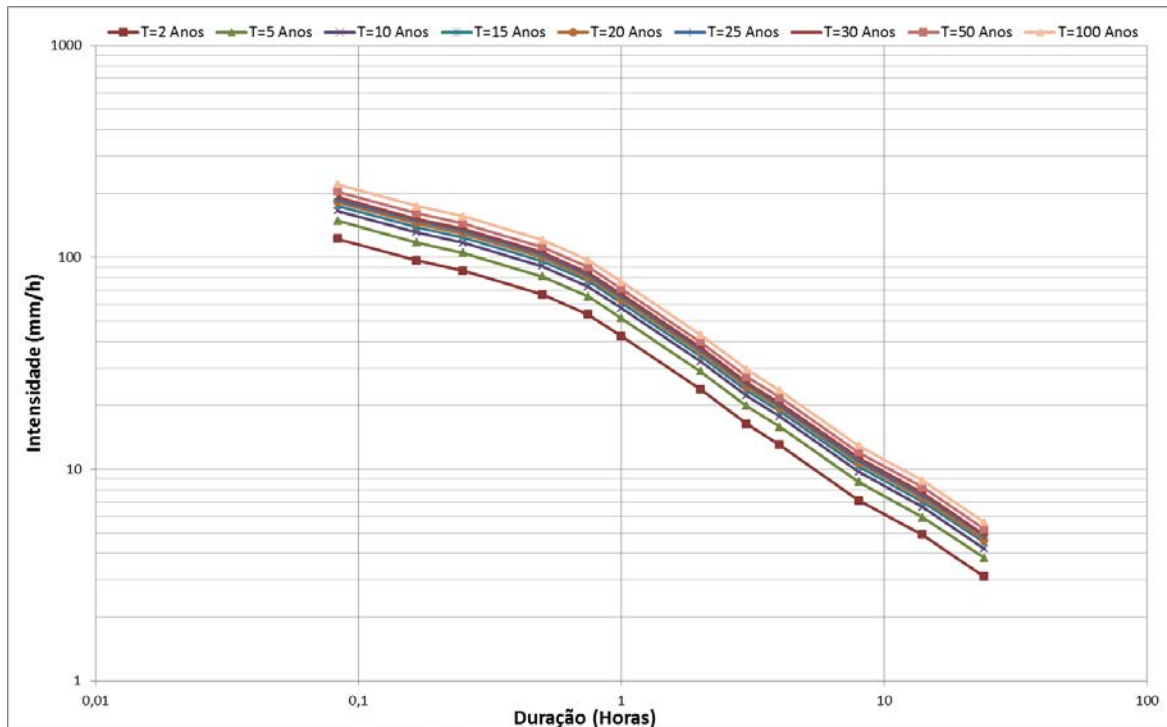


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Paraíba do Sul, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5 \text{ min} \leq t \leq 1 \text{ h}$$

$$a = 763,5 ; b = 0,1400 ; c = 10 \text{ e } d = 0,6929,$$

$$i = \frac{763,5T^{0,1400}}{(t+10)^{0,6929}} \quad (02)$$

$$1 \text{ h} < t \leq 24 \text{ h}$$

$$a = 1226,6 ; b = 0,1423 ; c = 0 \text{ e } d = 0,8352$$

$$i = \frac{1226,6T^{0,1423}}{t^{0,8352}} \quad (03)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 24 horas. 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	90	100
5 Minutos	128,8	146,5	161,4	170,8	177,8	183,5	188,2	196,0	202,2	207,4	214,0	219,5	222,8
10 Minutos	105,6	120,0	132,2	140,0	145,7	150,3	154,2	160,6	165,6	169,9	175,3	179,9	182,5
15 Minutos	90,4	102,8	113,3	119,9	124,8	128,8	132,1	137,6	141,9	145,6	150,2	154,1	156,4
20 Minutos	79,7	90,6	99,8	105,7	110,0	113,5	116,4	121,2	125,1	128,3	132,4	135,8	137,8
30 Minutos	65,3	74,2	81,8	86,6	90,1	93,0	95,4	99,3	102,5	105,1	108,5	111,3	112,9
45 Minutos	52,4	59,5	65,6	69,4	72,3	74,6	76,5	79,7	82,2	84,3	87,0	89,2	90,6
1 HORA	44,3	50,4	55,5	58,7	61,2	63,1	64,7	67,4	69,5	71,3	73,6	75,5	76,6
2 HORAS	24,8	28,3	31,2	33,1	34,5	35,6	36,5	38,0	39,3	40,3	41,6	42,7	43,3
3 HORAS	17,7	20,2	22,3	23,6	24,6	25,4	26,0	27,1	28,0	28,7	29,6	30,4	30,9
4 HORAS	13,9	15,9	17,5	18,5	19,3	19,9	20,5	21,3	22,0	22,6	23,3	23,9	24,3
5 HORAS	11,6	13,2	14,5	15,4	16,0	16,5	17,0	17,7	18,3	18,7	19,3	19,9	20,2
6 HORAS	9,9	11,3	12,5	13,2	13,8	14,2	14,6	15,2	15,7	16,1	16,6	17,1	17,3
7 HORAS	8,7	9,9	11,0	11,6	12,1	12,5	12,8	13,4	13,8	14,2	14,6	15,0	15,2
8 HORAS	7,8	8,9	9,8	10,4	10,8	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	13,1	13,4	13,6
12 HORAS	5,6	6,3	7,0	7,4	7,7	8,0	8,2	8,5	8,8	9,0	9,3	9,6	9,7
14 HORAS	4,9	5,6	6,1	6,5	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,2	8,4	8,5
20 HORAS	3,6	4,1	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,6	5,7	5,9	6,1	6,2	6,3
24 HORAS	3,1	3,6	3,9	4,2	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9	5,1	5,2	5,4	5,4

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	10,7	12,2	13,4	14,2	14,8	15,3	15,7	16,3	16,8	17,3	17,8	18,3	18,6
10 Minutos	17,6	20,0	22,0	23,3	24,3	25,1	25,7	26,8	27,6	28,3	29,2	30,0	30,4
15 Minutos	22,6	25,7	28,3	30,0	31,2	32,2	33,0	34,4	35,5	36,4	37,6	38,5	39,1
20 Minutos	26,6	30,2	33,3	35,2	36,7	37,8	38,8	40,4	41,7	42,8	44,1	45,3	45,9
30 Minutos	32,6	37,1	40,9	43,3	45,1	46,5	47,7	49,7	51,2	52,6	54,2	55,6	56,5
45 Minutos	39,3	44,7	49,2	52,1	54,2	55,9	57,4	59,7	61,6	63,2	65,2	66,9	67,9
1 HORA	44,3	50,4	55,5	58,7	61,2	63,1	64,7	67,4	69,5	71,3	73,6	75,5	76,6
2 HORAS	49,7	56,6	62,4	66,2	68,9	71,1	73,0	76,1	78,5	80,6	83,2	85,4	86,7
3 HORAS	53,1	60,5	66,8	70,7	73,7	76,1	78,1	81,3	83,9	86,1	88,9	91,3	92,6
4 HORAS	55,7	63,4	70,0	74,2	77,3	79,8	81,8	85,3	88,0	90,3	93,2	95,7	97,1
5 HORAS	57,8	65,8	72,6	76,9	80,2	82,7	84,9	88,5	91,3	93,7	96,7	99,3	100,8
6 HORAS	59,5	67,8	74,8	79,3	82,6	85,3	87,5	91,2	94,1	96,6	99,7	102,3	103,9
7 HORAS	61,1	69,6	76,8	81,3	84,7	87,5	89,8	93,5	96,5	99,1	102,3	104,9	106,5
8 HORAS	62,4	71,1	78,5	83,1	86,6	89,4	91,8	95,6	98,7	101,3	104,5	107,3	108,9
12 HORAS	66,7	76,0	83,9	88,9	92,6	95,6	98,1	102,2	105,5	108,3	111,8	114,7	116,4
14 HORAS	68,4	78,0	86,1	91,2	95,0	98,0	100,6	104,8	108,2	111,0	114,6	117,6	119,4
20 HORAS	72,6	82,7	91,3	96,7	100,7	104,0	106,7	111,2	114,8	117,8	121,6	124,8	126,6
24 HORAS	74,8	85,2	94,0	99,6	103,8	107,1	110,0	114,6	118,3	121,4	125,3	128,6	130,5

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Paraíba do Sul, foi registrada uma Chuva de 60 mm com duração de 45 minutos. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 60 mm dividido por 45 minutos é igual a 80 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{80(45 + 10)^{0,6929}}{763,5} \right]^{1/0,1400} = 41,3 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 41,3 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,4%, ou

$$P(i \geq 80 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{41,3} 100 = 2,4\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOZZOLI, Et al. *Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: Rio das Flores, Estação Pluviográfica: Manuel Duarte, Código 02243008.* CPRM. São Paulo. 2016.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 14 de março de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 14 de março de 2016.

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)
19/03/59	72,0
02/09/60	80,4
12/02/61	111,0
08/02/62	71,0
05/03/63	64,0
30/03/64	50,0
17/02/65	110,0
14/01/66	75,0
29/10/66	70,0
29/11/67	82,0
02/12/68	87,0
30/04/70	70,0
23/03/71	41,0
20/02/72	60,0
16/01/73	67,4
12/01/74	72,6
24/02/75	60,9
25/02/76	53,0
20/01/77	37,0
15/01/78	84,0
22/02/79	70,0
06/04/80	55,0
02/12/80	56,4
11/11/81	48,0
10/09/83	80,2
07/12/83	59,8
24/01/85	60,4
21/03/87	72,5
10/12/87	90,0
31/12/88	45,9
20/12/89	88,8
17/01/92	86,3
09/11/92	60,0
17/05/94	72,4
12/02/95	67,5

29/12/95	54,3
06/01/97	57,0
30/05/98	55,9
01/01/99	59,1
19/03/00	59,9
04/01/01	100,4
31/12/01	63,4
13/12/02	71,6
24/02/04	63,5
03/03/05	70,3
24/02/06	80,2
04/01/07	61,7
13/11/07	60,7
20/12/08	58,7
27/12/09	67,8
15/12/10	60,2
09/01/12	100,9
04/11/12	60,5
18/01/14	49,5
23/12/14	70,8

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Capozzoli et al. (2016) para o município de Rio das Flores/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,77	0,70	0,66	0,64	0,57

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,95	0,79	0,51	0,38	0,24