

**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 km² (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.

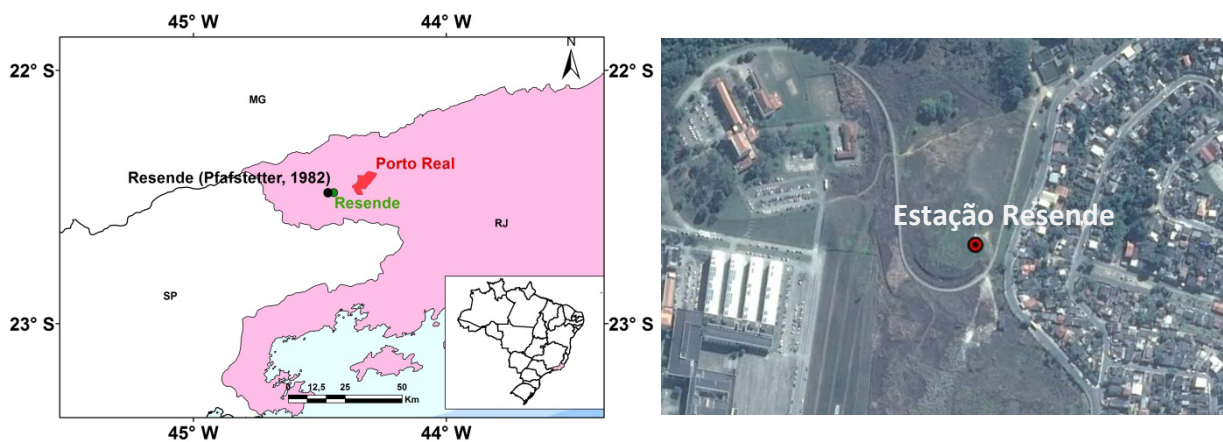


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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.

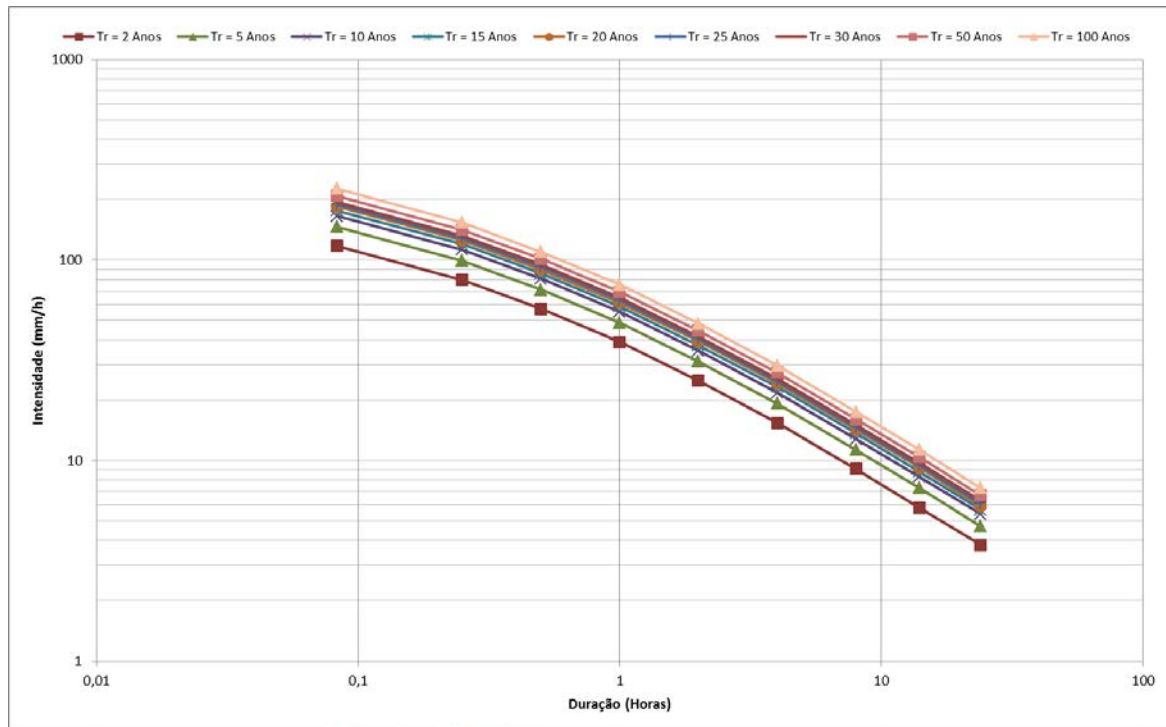


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 |