

**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: Duas Barras - RJ

**Estação Pluviométrica: Sumidouro
Código: 02242029**

**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: Duas Barras/RJ. Estação Pluviométrica: Sumidouro, Código 02242029. 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 – 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 por Cardoso; Pickbrenner e Pinto (2015) para o município de Sumidouro/RJ, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Sumidouro, código 02242029, localizada a 16 km da sede municipal de Duas Barras.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida por Cardoso; Pickbrenner e Pinto (2015) para o município de Sumidouro é indicada para ser utilizada no município de Duas Barras.

O município de Duas Barras está localizado no estado do Rio de Janeiro e situa-se na Latitude $22^{\circ}03'15''$ S e Longitude $42^{\circ}31'25''$ W. Apresenta área aproximada de $375,126 \text{ km}^2$ (IBGE, 2010) e a sede localiza-se a uma altitude aproximada de 592 metros. Sua população, segundo o senso de 2010 do IBGE, é de 10.930 habitantes.

A estação pluviométrica Sumidouro, código 02242029, está localizada na Latitude $22^{\circ}03'01''$ S e Longitude $42^{\circ}40'42''$ W, no município de Sumidouro, a uma distância aproximada de 16 km da sede do município de Duas Barras. 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. Encontra-se em atividade desde 1951, sendo operada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM. 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.

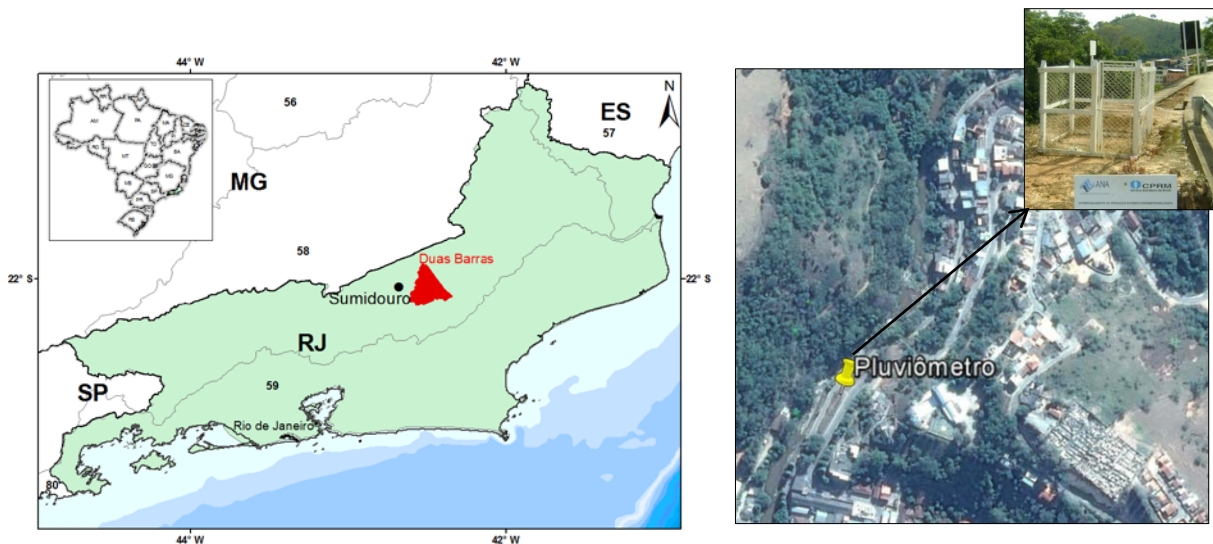


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Sumidouro, código 02242029, elaborada por Cardoso; Pickbrenner e Pinto (2015), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico 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 pela CPRM para o município de Nova Friburgo (Medeiros, V. S.; Pickbrenner, K.; Pinto, E. J. A., 2013), distante aproximadamente 40 km da estação de Sumidouro. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

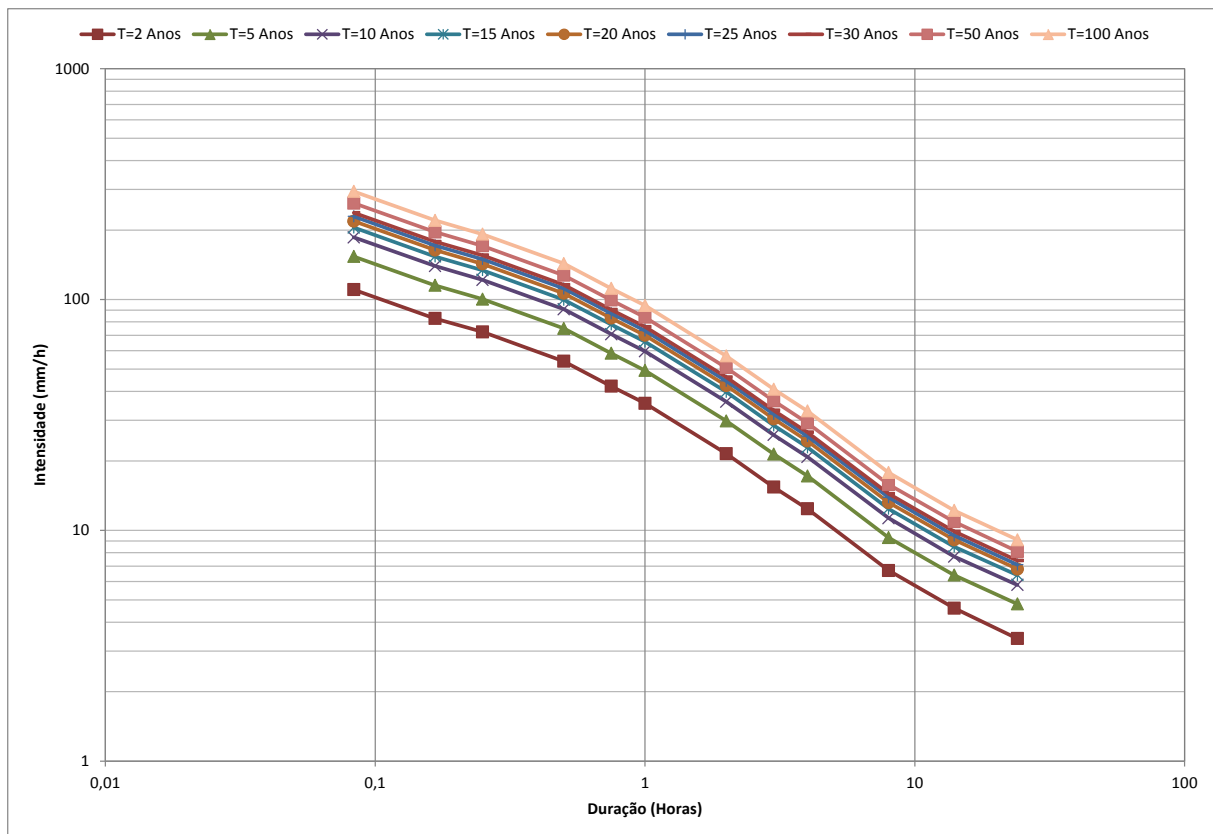


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são 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 da estação de Sumidouro, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t < 8\text{h}$$

$$a = 1060,8; b = 0,2487; c = 13,8 \text{ e } d = 0,8280;$$

$$i = \frac{1060,8T^{0,2487}}{(t+13,8)^{0,8280}} \quad (02)$$

$$8\text{h} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 427,3; b = 0,2484; c = 4,6 \text{ e } d = 0,6836;$$

$$i = \frac{427,3T^{0,2484}}{(t+4,6)^{0,6836}} \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de 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	111,0	139,5	165,7	183,3	196,9	208,1	233,9	247,3	258,7	273,5	286,2	293,8
10 Minutos	91,3	114,7	136,3	150,8	162,0	171,2	192,4	203,4	212,8	225,0	235,4	241,7
15 Minutos	78,0	98,0	116,4	128,8	138,3	146,2	164,3	173,7	181,8	192,1	201,0	206,4
20 Minutos	68,3	85,8	102,0	112,8	121,1	128,0	143,9	152,1	159,2	168,3	176,1	180,8
30 Minutos	55,1	69,2	82,3	91,0	97,7	103,3	116,1	122,8	128,4	135,8	142,1	145,8
45 Minutos	43,2	54,3	64,5	71,3	76,6	81,0	91,0	96,2	100,7	106,4	111,3	114,3
1 Hora	35,8	44,9	53,4	59,1	63,5	67,1	75,4	79,7	83,4	88,1	92,2	94,7
2 Horas	21,9	27,5	32,6	36,1	38,8	41,0	46,1	48,7	51,0	53,9	56,4	57,9
3 Horas	16,1	20,2	24,0	26,6	28,5	30,2	33,9	35,8	37,5	39,6	41,5	42,6
4 Horas	12,9	16,2	19,2	21,2	22,8	24,1	27,1	28,7	30,0	31,7	33,2	34,0
5 Horas	10,8	13,6	16,1	17,8	19,1	20,2	22,7	24,0	25,2	26,6	27,8	28,6
6 Horas	9,3	11,7	13,9	15,4	16,6	17,5	19,7	20,8	21,8	23,0	24,1	24,7
7 Horas	8,3	10,4	12,3	13,6	14,6	15,5	17,4	18,4	19,2	20,3	21,3	21,8
8 Horas	7,4	9,3	11,1	12,2	13,1	13,9	15,6	16,5	17,2	18,2	19,1	19,6
12 Horas	5,6	7,1	8,4	9,3	10,0	10,5	11,8	12,5	13,1	13,8	14,5	14,9
14 Horas	5,1	6,4	7,6	8,4	9,0	9,5	10,7	11,3	11,8	12,5	13,0	13,4
20 Horas	4,0	5,0	5,9	6,6	7,0	7,4	8,4	8,8	9,3	9,8	10,2	10,5
24 Horas	3,5	4,4	5,2	5,8	6,2	6,6	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,3

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	9,3	11,6	13,8	15,3	16,4	17,3	19,5	20,6	21,6	22,8	23,8	24,5
10 Minutos	15,2	19,1	22,7	25,1	27,0	28,5	32,1	33,9	35,5	37,5	39,2	40,3
15 Minutos	19,5	24,5	29,1	32,2	34,6	36,5	41,1	43,4	45,4	48,0	50,3	51,6
20 Minutos	22,8	28,6	34,0	37,6	40,4	42,7	48,0	50,7	53,1	56,1	58,7	60,3
30 Minutos	27,6	34,6	41,1	45,5	48,9	51,7	58,1	61,4	64,2	67,9	71,0	72,9
45 Minutos	32,4	40,7	48,3	53,5	57,4	60,7	68,2	72,1	75,5	79,8	83,5	85,7
1 Hora	35,8	44,9	53,4	59,1	63,5	67,1	75,4	79,7	83,4	88,1	92,2	94,7
2 Horas	43,7	54,9	65,3	72,2	77,5	82,0	92,1	97,4	101,9	107,7	112,7	115,7
3 Horas	48,3	60,6	72,0	79,7	85,6	90,5	101,7	107,5	112,5	118,9	124,4	127,7
4 Horas	51,5	64,7	76,8	85,0	91,3	96,5	108,4	114,6	120,0	126,8	132,7	136,2
5 Horas	54,0	67,8	80,6	89,1	95,7	101,2	113,7	120,2	125,8	133,0	139,1	142,8
6 Horas	56,0	70,4	83,6	92,5	99,4	105,0	118,1	124,8	130,6	138,0	144,4	148,3
7 Horas	57,8	72,6	86,2	95,4	102,5	108,3	121,8	128,7	134,7	142,4	149,0	152,9
8 Horas	59,3	74,4	88,4	97,8	105,0	111,0	124,8	131,9	138,0	145,8	152,6	156,6
12 Horas	67,5	84,8	100,7	111,4	119,7	126,5	142,1	150,2	157,2	166,2	173,9	178,5
14 Horas	71,0	89,1	105,8	117,0	125,7	132,9	149,3	157,8	165,2	174,6	182,7	187,5
20 Horas	79,5	99,8	118,6	131,2	140,9	148,9	167,4	176,9	185,1	195,6	204,7	210,1
24 Horas	84,3	105,8	125,7	139,0	149,3	157,8	177,4	187,5	196,2	207,4	217,0	222,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Duas Barras, foi registrada uma Chuva de 75 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, 75 mm dividido por 45 minutos é igual a 100 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{100(45 + 13,8)^{0,828}}{1060,8} \right]^{1/0,2487} = 58,5 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 58,5 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,7%, ou

$$P(i \geq 100 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{58,5} 100 = 1,7\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, A. T.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Sumidouro/RJ. Estação pluviométrica Sumidouro, código 02242029. Goiânia, GO: CPRM, 2015. 12p.

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.

MEDEIROS, V. S.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Nova Friburgo/RJ. Estação pluviográfica Vargem Alta, código 02242019. São Paulo, SP: CPRM, 2013. 14p.

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 (Outubro/Setembro)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)
1952	1953	12/12/1952	111,5
1953	1954	13/12/1953	115,0
1954	1955	25/01/1955	82,2
1955	1956	02/03/1956	70,0
1956	1957	26/12/1956	166,0
1957	1958	05/02/1958	67,0
1958	1959	28/10/1958	85,2
1959	1960	06/03/1960	48,4
1960	1961	20/03/1961	73,0
1961	1962	12/11/1961	73,4
1962	1963	29/12/1962	60,6
1963	1964	24/01/1964	104,0
1964	1965	14/12/1964	130,0
1965	1966	07/01/1966	109,0
1966	1967	06/03/1967	58,8
1967	1968	04/12/1967	100,4
1968	1969	03/12/1968	73,4
1969	1970	22/01/1970	64,0
1970	1971	09/09/1971	45,0
1971	1972	24/12/1971	69,4
1972	1973	04/02/1973	86,2
1973	1974	22/03/1974	85,6
1974	1975	12/01/1975	68,2
1975	1976	24/02/1976	83,0
1976	1977	18/12/1976	56,0
1982	1983	24/01/1983	104,0
1983	1984	07/12/1983	59,0
1984	1985	25/01/1985	88,6
1985	1986	28/12/1985	95,8
1986	1987	05/12/1986	75,8
1987	1988	06/12/1987	75,2
1988	1989	14/03/1989	120,6
1989	1990	15/02/1990	91,0
1990	1991	18/01/1991	98,0
1991	1992	10/12/1991	110,1
1993	1994	17/05/1994	59,0
1994	1995	24/12/1994	81,6
2000	2001	01/02/2001	90,4
2001	2002	15/01/2002	71,7
2002	2003	16/03/2003	95,6
2003	2004	25/02/2004	68,5
2004	2005	19/01/2005	95,5
2005	2006	11/12/2005	53,5
2006	2007	13/10/2006	96,6
2007	2008	31/01/2008	61,5
2008	2009	07/02/2009	65,3
2009	2010	28/12/2009	53,6
2010	2011	12/01/2011	186,3
2011	2012	01/05/2012	89,5
2012	2013	02/03/2013	42,5
2013	2014	18/01/2014	28,8
2014	2015	03/01/2015	49,3

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Medeiros, Pickbrenner & Pinto (2013) para o município de Nova Friburgo.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,78	0,65	0,60	0,56	0,52	0,43

Relação 45min/1h	Relação 30min/1h	Relação 15min/1h	Relação 10min/1h	Relação 5min/1h
0,89	0,76	0,51	0,39	0,26