

**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: Ervália

**Estação Pluviométrica: São Miguel do Anta
Código 02042016**

**BELÉM
2014**

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belém

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Belém
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA – 66095-110
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349
<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: Ervália. Estação Pluviométrica: São Miguel do Anta, Código 02042016/ Andressa Macedo Silva de Azambuja e Eber José de Andrade Pinto – Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2014.

14 p.(Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - AZAMBUJA, A.M.S. de e PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil

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

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Manfredo Ximenes Ponte
Superintendente

João Batista Marcelo de Lima
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Lucia Travassos da Rosa Costa
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Tomaz de Aquino M Lobato
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cícero Vieira de Meneses
Gerente 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

Albert Teixeira Cardoso – Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/ SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos de Farias– Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel - REFO

Eliane Cristina Godoy Moreira - Sureg/SP

Jennifer Laís Assano - Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira - Sureg/SP

Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso - Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

Estagiários de Hidrologia

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

Glauco Leite de Freitas – Sureg/RE

Ivo Cleiton Costa Bonfim - REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda - Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros - Sureg/RE

Liomar Santos da Hora - Sureg/SA

Lêmia 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 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 Ervália onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de São Miguel do Anta, código 02042016, operada pela CPRM.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Ervália e regiões circunvizinhas.

O município de Ervália está localizado no estado de Minas Gerais, Mesorregião da Zona da Mata, a 168 km de Belo Horizonte, capital do estado. O município possui área de 357,489 km² e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 740 m. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 17.946 habitantes.

A estação de São Miguel do Anta, código 02042016, está localizada na Latitude 20°40'57"S e Longitude 42°48'24"W, no município de mesmo nome, a 24 km de Ervália. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no Banco de Dados da ANA - Agencia Nacional de Águas. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

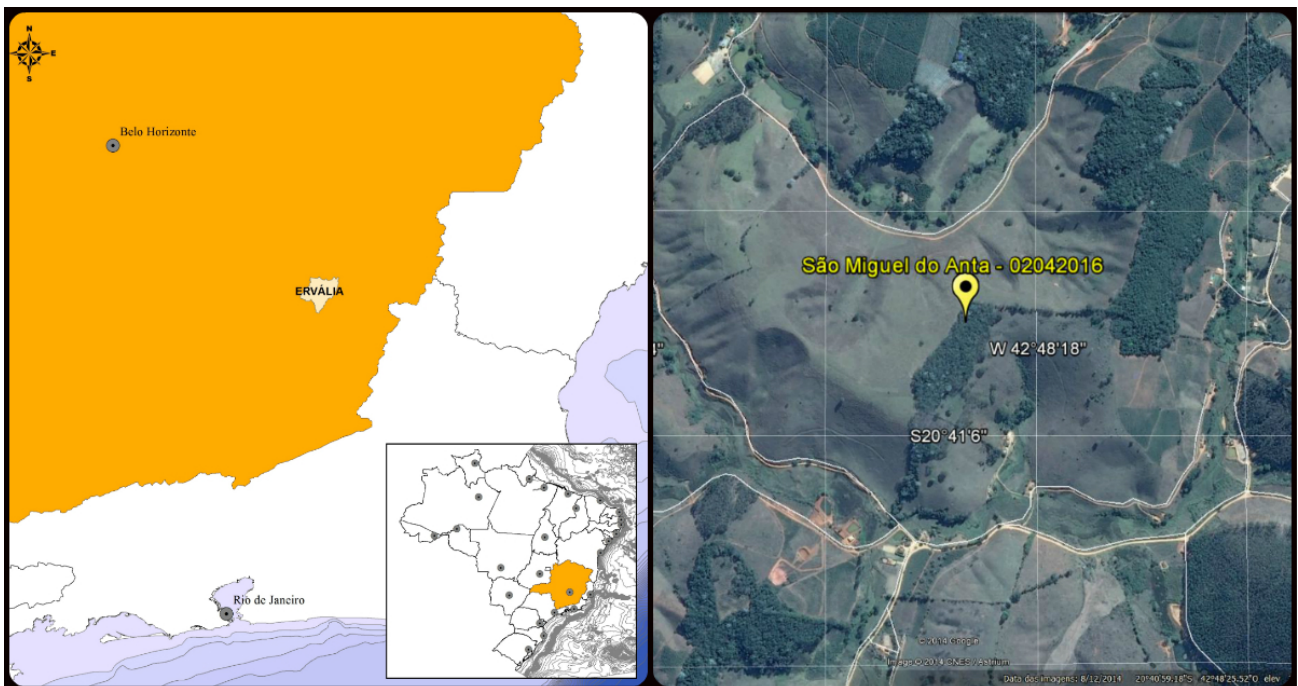


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

(Google *apud* SNIRH, 2014)

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 São Miguel do Anta, código 02042016, 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 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 Freitas (2001) para o município de Viçosa, estação Viçosa (02042024), distante 9 km da estação de São Miguel do Anta. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

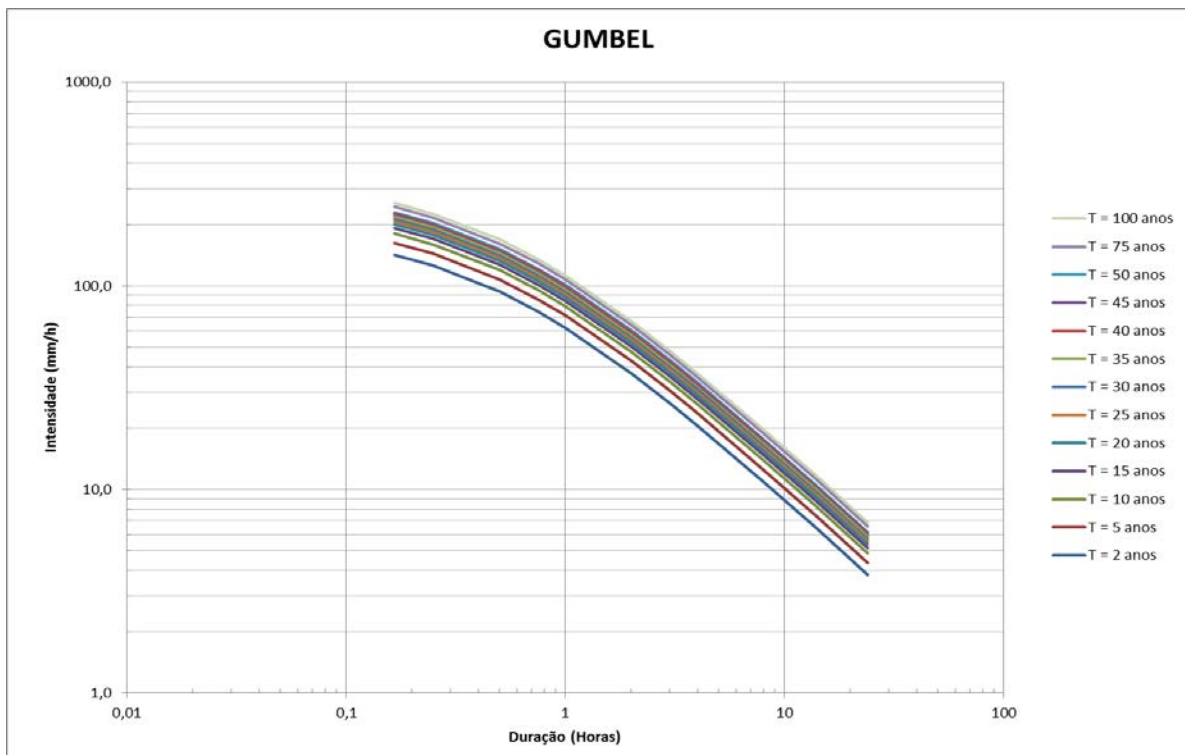


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 São Miguel do Anta, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 4843,2; b = 0,1501; c = 28,702 \text{ e } d = 0,9943;$$

$$i = \frac{4843,2T^{0,1501}}{(t+28,7)^{0,9943}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de até 100 anos e durações de 10 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, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
10 Minutos	141,8	162,7	180,5	191,9	200,3	207,1	212,9	217,9	229,9	236,2	244,3	251,1	255,1
15 Minutos	125,7	144,2	160,0	170,0	177,5	183,6	188,7	193,1	203,7	209,4	216,5	222,5	226,0
20 Minutos	112,8	129,5	143,6	152,7	159,4	164,8	169,4	173,4	182,9	188,0	194,4	199,8	203,0
30 Minutos	93,7	107,5	119,3	126,8	132,4	136,9	140,7	144,0	151,9	156,1	161,4	165,9	168,6
45 Minutos	74,7	85,7	95,1	101,1	105,6	109,2	112,2	114,8	121,1	124,5	128,7	132,3	134,4
1 Hora	62,2	71,3	79,1	84,1	87,8	90,8	93,3	95,5	100,8	103,6	107,1	110,1	111,8
2 Horas	37,2	42,7	47,3	50,3	52,5	54,3	55,8	57,1	60,3	62,0	64,1	65,8	66,9
3 Horas	26,5	30,5	33,8	35,9	37,5	38,8	39,9	40,8	43,0	44,2	45,7	47,0	47,8
4 Horas	20,6	23,7	26,3	27,9	29,2	30,2	31,0	31,7	33,5	34,4	35,6	36,6	37,1
5 Horas	16,9	19,4	21,5	22,9	23,9	24,7	25,4	26,0	27,4	28,2	29,1	29,9	30,4
6 Horas	14,3	16,4	18,2	19,4	20,2	20,9	21,5	22,0	23,2	23,8	24,6	25,3	25,7
7 Horas	12,4	14,2	15,8	16,8	17,5	18,1	18,6	19,1	20,1	20,7	21,4	22,0	22,3
8 Horas	10,9	12,6	13,9	14,8	15,5	16,0	16,4	16,8	17,7	18,2	18,9	19,4	19,7
12 Horas	7,5	8,6	9,5	10,1	10,5	10,9	11,2	11,5	12,1	12,4	12,8	13,2	13,4
14 Horas	6,4	7,4	8,2	8,7	9,1	9,4	9,7	9,9	10,4	10,7	11,1	11,4	11,6
20 Horas	4,6	5,2	5,8	6,2	6,4	6,7	6,8	7,0	7,4	7,6	7,8	8,1	8,2
24 Horas	3,8	4,4	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7	5,9	6,2	6,4	6,6	6,8	6,9

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
10 Minutos	23,6	27,1	30,1	32,0	33,4	34,5	35,5	36,3	38,3	39,4	40,7	41,8	42,5
15 Minutos	31,4	36,0	40,0	42,5	44,4	45,9	47,2	48,3	50,9	52,3	54,1	55,6	56,5
20 Minutos	37,6	43,2	47,9	50,9	53,1	54,9	56,5	57,8	61,0	62,7	64,8	66,6	67,7
30 Minutos	46,9	53,8	59,7	63,4	66,2	68,4	70,3	72,0	76,0	78,1	80,7	83,0	84,3
45 Minutos	56,0	64,3	71,4	75,8	79,2	81,9	84,2	86,1	90,9	93,4	96,6	99,2	100,8
1 Hora	62,2	71,3	79,1	84,1	87,8	90,8	93,3	95,5	100,8	103,6	107,1	110,1	111,8
2 Horas	74,4	85,3	94,7	100,6	105,1	108,7	111,7	114,3	120,6	123,9	128,1	131,7	133,8
3 Horas	79,6	91,4	101,4	107,8	112,5	116,4	119,6	122,4	129,1	132,7	137,2	141,0	143,3
4 Horas	82,6	94,8	105,2	111,8	116,7	120,7	124,0	126,9	133,9	137,6	142,3	146,3	148,6
5 Horas	84,5	97,0	107,6	114,3	119,4	123,4	126,9	129,8	137,0	140,8	145,6	149,6	152,0
6 Horas	85,8	98,5	109,3	116,1	121,3	125,4	128,9	131,9	139,1	143,0	147,9	152,0	154,4
7 Horas	86,8	99,6	110,5	117,5	122,7	126,8	130,3	133,4	140,7	144,6	149,6	153,7	156,2
8 Horas	87,6	100,5	111,5	118,5	123,7	127,9	131,5	134,6	142,0	145,9	150,9	155,1	157,5
12 Horas	89,4	102,6	113,9	121,0	126,4	130,7	134,3	137,5	145,0	149,0	154,1	158,4	160,9
14 Horas	90,0	103,3	114,6	121,8	127,2	131,5	135,2	138,3	145,9	150,0	155,1	159,4	161,9
20 Horas	91,1	104,5	116,0	123,3	128,7	133,1	136,8	140,0	147,7	151,8	157,0	161,3	163,9
24 Horas	91,5	105,0	116,6	123,9	129,3	133,7	137,5	140,7	148,4	152,5	157,7	162,1	164,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Ervália, foi registrada uma chuva de 80,0 mm com duração de 30 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:*

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 80,0 mm dividido por 0,5 h é igual a 160,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{160(30 + 28,7)^{0,9943}}{4843,2} \right]^{1/0,1501} = 71 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 71 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,4%, ou

$$P(i \geq 160 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{71} 100 = 1,4\%$$

Este parâmetro tem grande utilidade para análises de risco e dimensionamento de obras de engenharia. Neste caso, para o período de retorno de 71 anos, a região poderia ser caracterizada como uma região de inundações ocasionais, porém, de alto risco para os núcleos urbanos.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Estação pluviométrica de São Miguel do Anta**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/PortalSuporte/frmSelecaoEstacao.aspx>>. Acesso em: nov. 2014.

_____. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: nov. 2014.

FREITAS, Adir José de et al. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Universidade Federal de Viçosa, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Ervália**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/233YL>>. Acesso em: nov. 2014.

PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, mar. 2013.

ANEXO I

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

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

Ano Hidrológico	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1969-1970	02/12/1969	76,6
1971-1972	28/02/1972	62,2
1972-1973	10/03/1973	65,6
1973-1974	28/02/1974	51,6
1974-1975	26/03/1975	69,9
1975-1976	19/11/1975	77,8
1976-1977	29/01/1977	56,8
1977-1978	28/05/1978	67,2
1978-1979	28/12/1978	75,4
1979-1980	02/01/1980	76,8
1980-1981	02/12/1980	86,4
1981-1982	11/11/1981	88,4
1983-1984	29/09/1984	74,8
1984-1985	26/01/1985	74,3
1985-1986	01/01/1986	118,6
1986-1987	06/04/1987	48,2
1987-1988	08/12/1987	96,4
1988-1989	02/03/1989	49
1989-1990	15/02/1990	117,2
1990-1991	11/01/1991	52,4
1991-1992	02/10/1991	87,4
1992-1993	18/11/1992	62,2
1993-1994	21/12/1993	80,6
1994-1995	22/03/1995	64,6
1995-1996	15/11/1995	57,8
1996-1997	04/01/1997	101,2
1997-1998	12/02/1998	37,2
1998-1999	01/01/1999	58,6
1999-2000	07/11/1999	112,4
2000-2001	18/12/2000	60,5
2001-2002	16/11/2001	78,1
2002-2003	03/01/2003	93,3
2003-2004	23/01/2004	98,5
2004-2005	04/03/2005	75,9
2005-2006	29/01/2006	51,5
2006-2007	20/10/2006	67,9
2007-2008	01/02/2008	86,7

Ano Hidrológico	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
2008-2009	16/12/2008	108,5
2009-2010	04/12/2009	98,5
2010-2011	15/12/2010	99,8
2012-2013	13/10/2012	77,1
2013-2014	22/12/2013	77,9

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Freitas (2001) para o município de Viçosa /MG.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,98	0,96	0,90	0,87	0,81	0,68

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h
0,90	0,75	0,50	0,38