

**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**

**Município: Pirapora**

**Estação Pluviográfica: Pirapora,  
Código 01744025 (ANA) / 83483 (INMET)**

**Equação Definida por Freitas (2001)**

**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. Município: Pirapora. Equação definida por Freitas (2001). Catharina dos Prazeres Campos de Farias; Andressa Macedo Silva de Azambuja e Eber José de Andrade Pinto – Belém: CPRM, 2014.

11p.(Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – FARIAS, C.P.C. de; 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 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  
Osvalcílio 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 Pirapora onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Pirapora, código 01744025/ 83483, operada pelo INMET. Esta estação está localizada na sede do município.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Pirapora.

O município de Pirapora está localizado no Estado de Minas Gerais e localiza-se a 340 km da capital Belo Horizonte. O município possui área de 549,514 km<sup>2</sup> e localiza-se a uma altitude de 472 m. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 53.368 habitantes.

A estação de Pirapora, código ANA 01744025/ INMET 83483, está localizada na Latitude 17°21'00" S e Longitude 44°57'00" W.

Este relatório apresenta a Equação IDF para o município de Pirapora desenvolvida pela COPASA-Companhia de Saneamento de Minas Gerais e divulgada através da publicação Freitas (2001). Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no 5º DISME (Belo Horizonte). A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

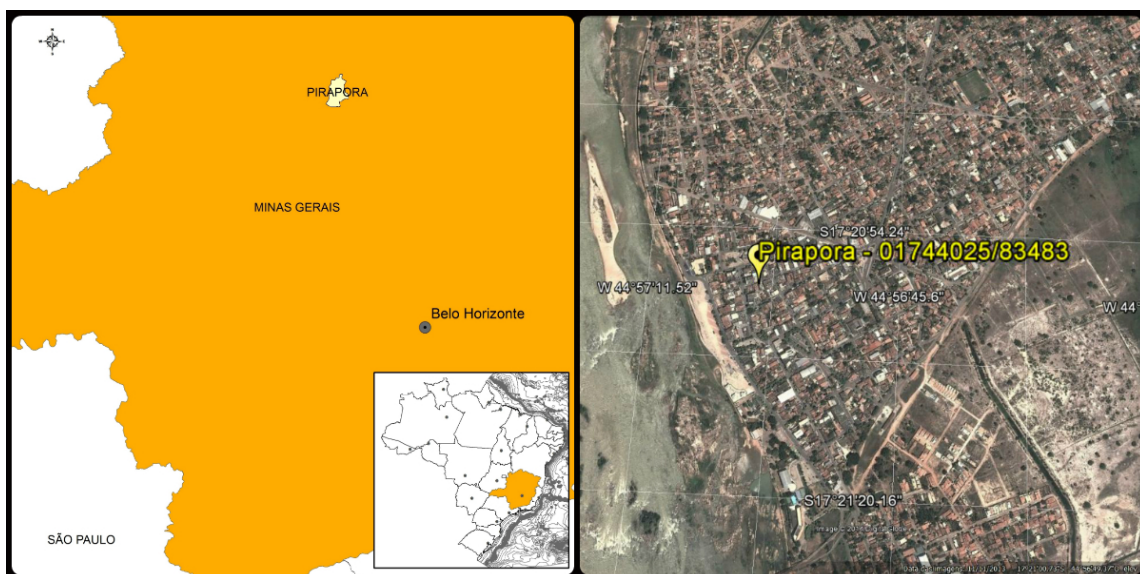


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica.  
(Fonte: Google, 2014)

## 2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em Freitas (2001). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Pirapora, código 01744025, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano civil. A montagem das séries foi realizada utilizando 17 anos de dados no período de 1983 a 1999. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Gumbel.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

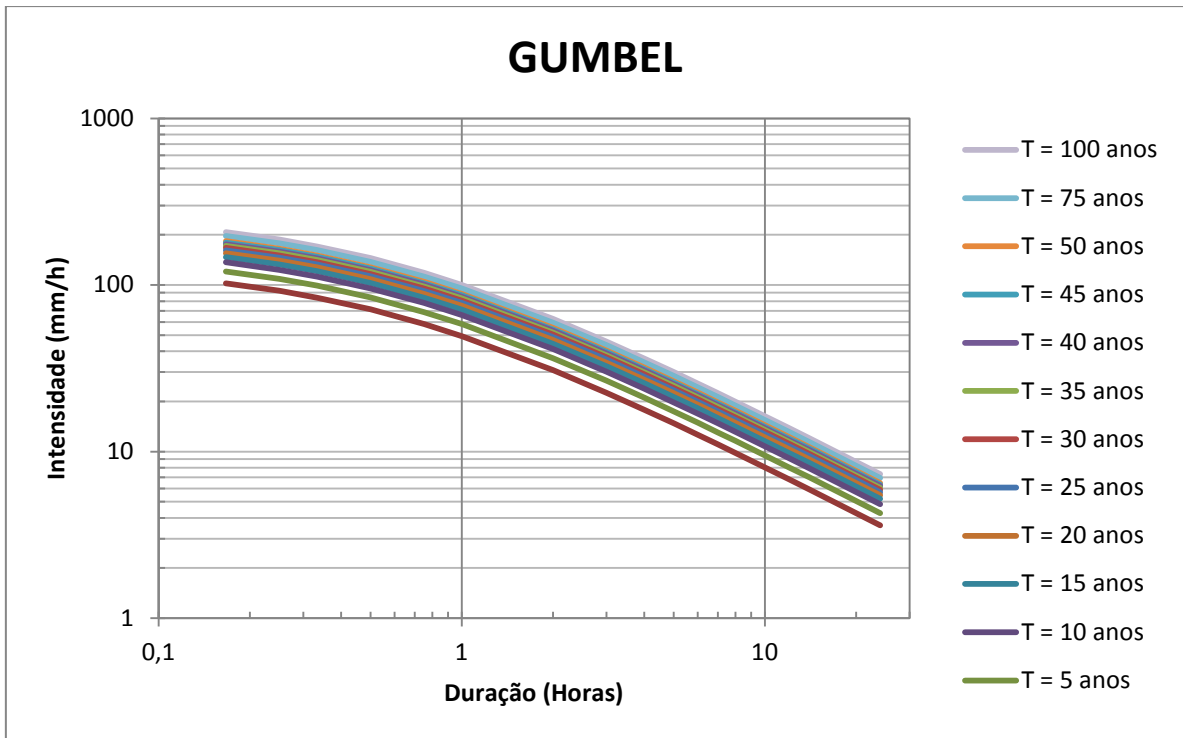


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \tag{01}$$

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 Pirapora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 3210,1880$  ;  $b = 0,1810$  ;  $c = 33,293$  e  $d = 0,9480$  ;

$$i = \frac{3210,1880 T^{0,1810}}{(t+33,293)^{0,9480}} \tag{02}$$

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	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10 Minutos	102,3	120,7	136,8	147,3	155,1	161,5	166,9	171,7	175,9	179,7	183,1	186,3	189,3	192,0	194,6	197,1	199,4	201,6	203,7	205,7	207,6
15 Minutos	92,2	108,8	123,4	132,8	139,9	145,6	150,5	154,8	158,6	162,0	165,1	168,0	170,6	173,1	175,5	177,7	179,7	181,7	183,6	185,4	187,2
20 Minutos	84,0	99,1	112,4	120,9	127,4	132,6	137,1	141,0	144,4	147,5	150,4	153,0	155,4	157,7	159,8	161,8	163,7	165,5	167,2	168,9	170,5
30 Minutos	71,3	84,2	95,5	102,7	108,2	112,7	116,5	119,8	122,7	125,3	127,7	130,0	132,0	134,0	135,8	137,5	139,1	140,6	142,1	143,5	144,8
45 Minutos	58,3	68,8	78,0	84,0	88,5	92,1	95,2	97,9	100,3	102,5	104,4	106,2	107,9	109,5	111,0	112,4	113,7	114,9	116,1	117,3	118,4
1 HORA	49,4	58,3	66,1	71,1	74,9	78,0	80,6	82,9	84,9	86,8	88,4	90,0	91,4	92,7	94,0	95,2	96,3	97,4	98,4	99,3	100,3
2 HORAS	30,8	36,4	41,3	44,4	46,8	48,7	50,4	51,8	53,0	54,2	55,2	56,2	57,1	57,9	58,7	59,4	60,1	60,8	61,4	62,0	62,6
3 HORAS	22,6	26,6	30,2	32,5	34,2	35,6	36,8	37,9	38,8	39,6	40,4	41,1	41,7	42,3	42,9	43,5	44,0	44,5	44,9	45,4	45,8
4 HORAS	17,8	21,0	23,9	25,7	27,0	28,2	29,1	29,9	30,7	31,3	31,9	32,5	33,0	33,5	33,9	34,4	34,8	35,1	35,5	35,9	36,2
5 HORAS	14,8	17,4	19,8	21,3	22,4	23,3	24,1	24,8	25,4	25,9	26,4	26,9	27,3	27,7	28,1	28,5	28,8	29,1	29,4	29,7	30,0
6 HORAS	12,6	14,9	16,9	18,2	19,2	19,9	20,6	21,2	21,7	22,2	22,6	23,0	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	24,9	25,1	25,4	25,6
7 HORAS	11,0	13,0	14,8	15,9	16,7	17,4	18,0	18,5	19,0	19,4	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,5	21,8	22,0	22,2	22,4
8 HORAS	9,8	11,6	13,1	14,1	14,9	15,5	16,0	16,5	16,9	17,2	17,6	17,9	18,2	18,4	18,7	18,9	19,1	19,3	19,5	19,7	19,9
12 HORAS	6,8	8,0	9,1	9,8	10,3	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0	13,1	13,3	13,4	13,6	13,7	13,8
14 HORAS	5,9	7,0	7,9	8,5	9,0	9,4	9,7	9,9	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,1	11,3	11,4	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0
20 HORAS	4,3	5,0	5,7	6,2	6,5	6,7	7,0	7,2	7,3	7,5	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7
24 HORAS	3,6	4,3	4,8	5,2	5,5	5,7	5,9	6,1	6,2	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)																				
	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10 Minutos	17,0	20,1	22,8	24,5	25,9	26,9	27,8	28,6	29,3	29,9	30,5	31,0	31,5	32,0	32,4	32,8	33,2	33,6	33,9	34,3	34,6
15 Minutos	23,0	27,2	30,8	33,2	35,0	36,4	37,6	38,7	39,6	40,5	41,3	42,0	42,7	43,3	43,9	44,4	44,9	45,4	45,9	46,4	46,8
20 Minutos	28,0	33,0	37,5	40,3	42,5	44,2	45,7	47,0	48,1	49,2	50,1	51,0	51,8	52,6	53,3	53,9	54,6	55,2	55,7	56,3	56,8
30 Minutos	35,7	42,1	47,7	51,4	54,1	56,3	58,2	59,9	61,3	62,7	63,9	65,0	66,0	67,0	67,9	68,7	69,5	70,3	71,0	71,7	72,4
45 Minutos	43,7	51,6	58,5	63,0	66,3	69,1	71,4	73,4	75,2	76,8	78,3	79,7	80,9	82,1	83,2	84,3	85,3	86,2	87,1	88,0	88,8
1 HORA	49,4	58,3	66,1	71,1	74,9	78,0	80,6	82,9	84,9	86,8	88,4	90,0	91,4	92,7	94,0	95,2	96,3	97,4	98,4	99,3	100,3
2 HORAS	61,7	72,8	82,5	88,8	93,6	97,4	100,7	103,6	106,1	108,4	110,5	112,4	114,2	115,8	117,4	118,9	120,3	121,6	122,9	124,1	125,2
3 HORAS	67,7	79,9	90,5	97,4	102,6	106,9	110,4	113,6	116,3	118,9	121,1	123,3	125,2	127,0	128,7	130,4	131,9	133,4	134,7	136,1	137,3
4 HORAS	71,3	84,2	95,4	102,7	108,2	112,6	116,4	119,7	122,6	125,3	127,7	129,9	132,0	133,9	135,7	137,4	139,0	140,6	142,0	143,4	144,8
5 HORAS	73,8	87,2	98,8	106,3	112,0	116,7	120,6	124,0	127,0	129,7	132,2	134,5	136,7	138,7	140,5	142,3	144,0	145,6	147,1	148,5	149,9
6 HORAS	75,7	89,4	101,4	109,1	114,9	119,7	123,7	127,2	130,3	133,1	135,6	138,0	140,2	142,2	144,2	146,0	147,7	149,3	150,9	152,4	153,8
7 HORAS	77,2	91,2	103,4	111,2	117,2	122,0	126,1	129,7	132,8	135,7	138,3	140,7	143,0	145,1	147,0	148,9	150,6	152,3	153,9	155,4	156,8
8 HORAS	78,5	92,6	105,0	113,0	119,0	123,9	128,1	131,7	134,9	137,9	140,5	143,0	145,2	147,3	149,3	151,2	153,0	154,7	156,3	157,8	159,3
12 HORAS	81,8	96,6	109,5	117,8	124,1	129,2	133,6	137,3	140,7	143,7	146,5	149,1	151,4	153,6	155,7	157,7	159,5	161,3	163,0	164,6	166,1
14 HORAS	83,0	97,9	111,0	119,5	125,9	131,1	135,5	139,3	142,7	145,8	148,6	151,2	153,6	155,8	157,9	159,9	161,8	163,6	165,3	166,9	168,4
20 HORAS	85,5	100,9	114,3	123,1	129,6	135,0	139,5	143,5	147,0	150,1	153,0	155,7	158,2	160,5	162,6	164,7	166,6	168,4	170,2	171,9	173,5
24 HORAS	86,6	102,3	115,9	124,8	131,4	136,8	141,4	145,4	149,0	152,2	155,1	157,8	160,3	162,7	164,9	167,0	168,9	170,8	172,6	174,2	175,9

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, na estação de Pirapora, foi registrada uma Chuva de 65 mm com duração de meia hora, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial. 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 65 mm dividido por 0,5 h é igual a 130 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[ \frac{130(30 + 33,293)^{0,9480}}{3210,1880} \right]^{1/0,1810} = 55 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 55 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,8%, ou

$$P(i \geq 130\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{55} 100 = 1,8\%$$

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

GOOGLE EARTH. **Estação pluviográfica de Pirapora**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: out. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Pirapora**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/23CU0>>. Acesso em: out. 2014.