

**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: Juiz de Fora

**Estação Pluviográfica: Juiz de Fora
Códigos: 02143056 (ANA) e 83692 (INMET)**

**PORTO ALEGRE
2014**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS 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 Porto Alegre

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa
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.
Município: Juiz de Fora. Estação Pluviográfica: Juiz de Fora Códigos 02143056
(ANA) e 83692 (INMET). Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto –
Porto Alegre: CPRM, 2014.

10p.; 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

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 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

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 – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado Nascimento-RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH
Margarida Regueira da Costa-Sureg/RE
Osvalcélío 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
Douglas Sanches Soller – Sureg/PA
Eliane Cristina Godoy Moreira-Sureg/SP
Jennifer Laís Assano -Sureg/SP
João Paulo Vicente Pereira-Sureg/SP
Juliana Oliveira-Sureg/BE
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
Ivo Cleiton Costa Bonfim -REFO
João Paulo Lopes Chaves Miranda-Sureg/BH
José Érico Nascimento Barros -Sureg/RE
Liomar Santos da Hora-Sureg/SA
Lemia 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 por Freitas *et al.* (2001) para o município de Juiz de Fora, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas da estação pluviográfica de Juiz de Fora, códigos 02143056 (ANA) e 83692 (INMET), operada pelo INMET. Esta estação está localizada a aproximadamente 3 km da sede do município de Juiz de Fora.

1 – INTRODUÇÃO

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

O município de Juiz de Fora está localizado no estado de Minas Gerais, na Latitude $21^{\circ}45'36''$ S e Longitude $43^{\circ}20'25''$ W, a 260 km de Belo Horizonte, capital do estado. O município possui área de 1.435,6 Km² e localiza-se a uma altitude de 685 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 516.247 habitantes.

A estação de Juiz de Fora, códigos 02143056 (ANA) e 83692 (INMET), de acordo com o Inventário da ANA (Agência Nacional de Águas), está localizada na Latitude $21^{\circ}46'02''$ S e Longitude $43^{\circ}18'49''$ W. Insere-se na sub-bacia 58, sub-bacia do rio Paraíba do Sul, no estado de Minas Gerais, mais especificamente na sub-bacia do rio Paraibuna. O rio Paraibuna tem suas nascentes na Serra da Mantiqueira, no município de Antônio Carlos, passando dentre outros pelos municípios de Ewbank da Câmara, Juiz de Fora e Mathias Barbosa; recebe a contribuição pela sua margem direita dos rios do Peixe e rio Preto, até desaguar no rio Paraíba do Sul. A estação pluviográfica encontra-se em operação desde 1977 e localiza-se aproximadamente a 3 km da sede do município de Juiz de Fora.

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

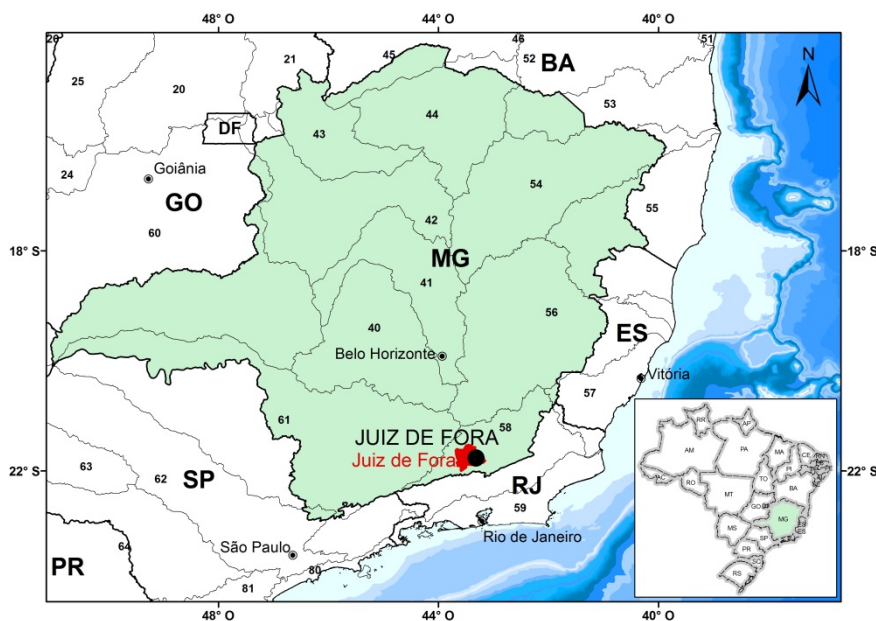


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica.

2 – EQUAÇÃO

A equação IDF indicada para o município de Juiz de Fora foi definida por Freitas *et al.* (2001) para a cidade de Juiz de Fora e apresentada no livro “Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais”. Para a elaboração desta equação foram utilizados os dados da estação Juiz de Fora, códigos 02143056 (ANA) e 83692 (INMET). O período de dados utilizado no estudo foi de 1986-1995 e 1997-1999, perfazendo 13 anos de observações.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

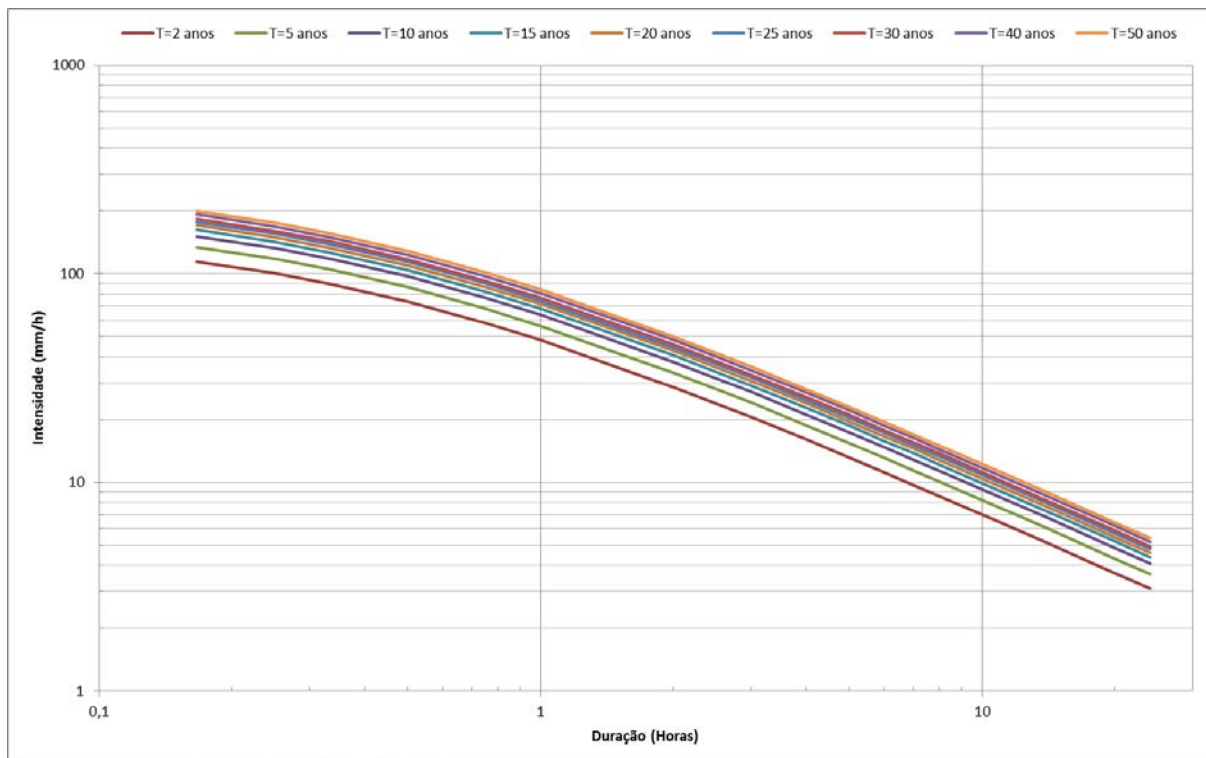


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 de Juiz de Fora os parâmetros da equação são os seguintes:

$$10\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 3000,0; b = 0,1730; c = 23,965; d = 0,9600$$

$$i = \frac{3000T^{0,1730}}{(t+23,965)^{0,9600}} \quad (02)$$

Com base no período de monitoramento dos dados de chuva utilizados no estudo, sugere-se que a equação seja utilizada para o tempo de retorno de até 50 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	30	40	50
10 Minutos	114,7	134,4	151,5	162,5	170,8	177,5	183,2	192,5	200,1
15 Minutos	100,5	117,8	132,8	142,4	149,7	155,6	160,6	168,7	175,4
20 Minutos	89,5	104,9	118,2	126,8	133,3	138,5	143,0	150,3	156,2
30 Minutos	73,5	86,1	97,1	104,2	109,5	113,8	117,4	123,4	128,3
45 Minutos	58,1	68,1	76,7	82,3	86,5	89,9	92,8	97,5	101,4
1 HORA	48,1	56,4	63,5	68,1	71,6	74,4	76,8	80,8	83,9
2 HORAS	28,7	33,6	37,9	40,6	42,7	44,4	45,8	48,1	50,0
3 HORAS	20,5	24,0	27,1	29,1	30,6	31,8	32,8	34,4	35,8
4 HORAS	16,0	18,8	21,2	22,7	23,9	24,8	25,6	26,9	27,9
5 HORAS	13,2	15,4	17,4	18,6	19,6	20,4	21,0	22,1	23,0
6 HORAS	11,2	13,1	14,8	15,8	16,6	17,3	17,9	18,8	19,5
7 HORAS	9,7	11,4	12,8	13,8	14,5	15,0	15,5	16,3	17,0
8 HORAS	8,6	10,1	11,4	12,2	12,8	13,3	13,8	14,5	15,0
12 HORAS	5,9	6,9	7,8	8,4	8,8	9,2	9,5	9,9	10,3
14 HORAS	5,1	6,0	6,8	7,3	7,6	7,9	8,2	8,6	9,0
20 HORAS	3,7	4,3	4,9	5,2	5,5	5,7	5,9	6,2	6,4
24 HORAS	3,1	3,6	4,1	4,4	4,6	4,8	4,9	5,2	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
10 Minutos	19,1	22,4	25,2	27,1	28,5	29,6	30,5	32,1	33,4
15 Minutos	25,1	29,4	33,2	35,6	37,4	38,9	40,1	42,2	43,8
20 Minutos	29,8	35,0	39,4	42,3	44,4	46,2	47,7	50,1	52,1
30 Minutos	36,8	43,1	48,6	52,1	54,7	56,9	58,7	61,7	64,1
45 Minutos	43,6	51,1	57,6	61,7	64,9	67,4	69,6	73,2	76,0
1 HORA	48,1	56,4	63,5	68,1	71,6	74,4	76,8	80,8	83,9
2 HORAS	57,3	67,2	75,7	81,2	85,4	88,7	91,6	96,2	100,0
3 HORAS	61,5	72,1	81,3	87,2	91,7	95,3	98,3	103,0	107,4
4 HORAS	64,1	75,1	84,6	90,8	95,4	99,2	102,0	108,0	111,8
5 HORAS	65,8	77,1	86,9	93,2	98,0	102,0	105,0	111,0	114,8
6 HORAS	67,1	78,6	88,6	95,0	99,9	104,0	107,0	113,0	117,0
7 HORAS	68,1	79,7	89,9	96,4	101,4	105,0	109,0	114,0	118,8
8 HORAS	68,9	80,7	91,0	97,6	102,6	107,0	110,0	116,0	120,2
12 HORAS	71,1	83,3	93,9	101,0	105,8	110,0	114,0	119,0	124,0
14 HORAS	71,8	84,2	94,9	102,0	107	111,0	115,0	121,0	125,4
20 HORAS	73,4	86,1	97,0	104,0	109,4	114,0	117,0	123,0	128,2
24 HORAS	74,2	87,0	98,0	105,0	110,5	115,0	119,0	125,0	129,5

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Juiz de Fora, foi registrada uma Chuva de 105 mm com duração de 3 horas, 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, 105 mm dividido por 3 h é igual a 35,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{35,5(180 + 23,965)^{0,9600}}{3000} \right]^{1/0,1730} = 43,9 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 43,9 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,3%, ou

$$P(i \geq 35,0\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{43,9} 100 = 2,3\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREITAS, A. J.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A.; PEREIRA, S. B.; FILHO, R. R. G.; TEIXEIRA, A. F.; BAENA, L. G. N.; MELLO, L. T. A.; NOVAES, L. F. *Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313670&search=minas-gerais|juiz-de-fora|infograficos:-informacoes-completas>. Acesso em novembro de 2014.

MINAS GERAIS. CEIVAP - Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo*. Disponível em: www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/PS1.pdf. Acesso em novembro de 2014.