

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais

Município: Ouro Preto

Estação Pluviométrica: Faz. Água Limpa - Jusante

Código ANA: 02043056

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2014

**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: Ouro Preto - MG

**Estação Pluviométrica: Fazenda Água Limpa - Jusante
Código: 02043056**

**BELO HORIZONTE
2014**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência de Belo Horizonte

Copyright © 2014 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 – Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: 0(xx)(31)3878-0307
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383
<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: Ouro Preto/MG. Estação Pluviométrica: Fazenda , Código 02043056. Luana Kessia Lucas Alves Martins; Eber José de Andrade Pinto. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2014.

11p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – MARTINS, L. K. L. A.; 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 DE SALVADOR

Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior
Superintendente

Gustavo Carneiro da Silva
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Ivanaldo Vieira Gomes da Costa
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

José da Silva Amaral Santos
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Renato dos Santos Andrade
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 Silva do Nascimento - RETE

Luana Kessia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Merês 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

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

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

Rosângela 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 Ouro Preto, estado de Minas Gerais, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Fazenda Água limpa - jusante, código 02043056.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada para o município de Ouro Preto, localizado na microrregião de mesmo nome e na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, distando cerca de 100 km da capital do Estado. O município de Ouro Preto possui área de 1.245,865km², uma população de 73.700 habitantes (IBGE, 2014) e faz divisa com os municípios de Mariana, Santa Bárbara, Itabirito, Moeda, Belo Vale, Congonhas, Ouro Branco, Itaverava, Catas Altas da Noruega e Piranga.

A estação Fazenda Água Limpa, código 02043056, está localizada no município de Ouro Preto, distando cerca de 14 km da Sede Municipal. A estação foi instalada em janeiro de 1984, sendo operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e suas coordenadas são Latitude 20°18'19"S e Longitude 43°36'27"W. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo Ville de Paris. A Figura 01 apresenta a localização do município de Ouro Preto em Minas Gerais assim como a localização da estação Fazenda Água Limpa.

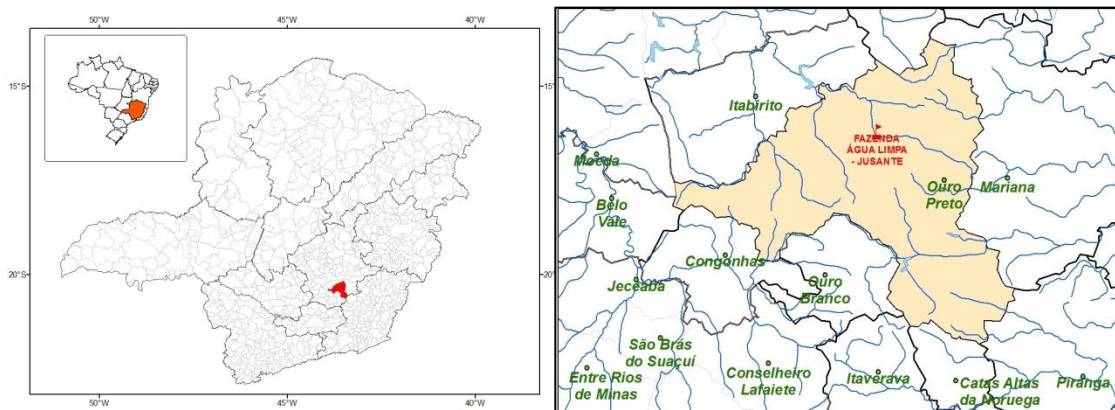


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Fazenda Água Limpa - jusante, código 02043056, 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 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 Ouro Preto, utilizando dados de uma estação 15 km distante da estação Fazenda Água Limpa.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

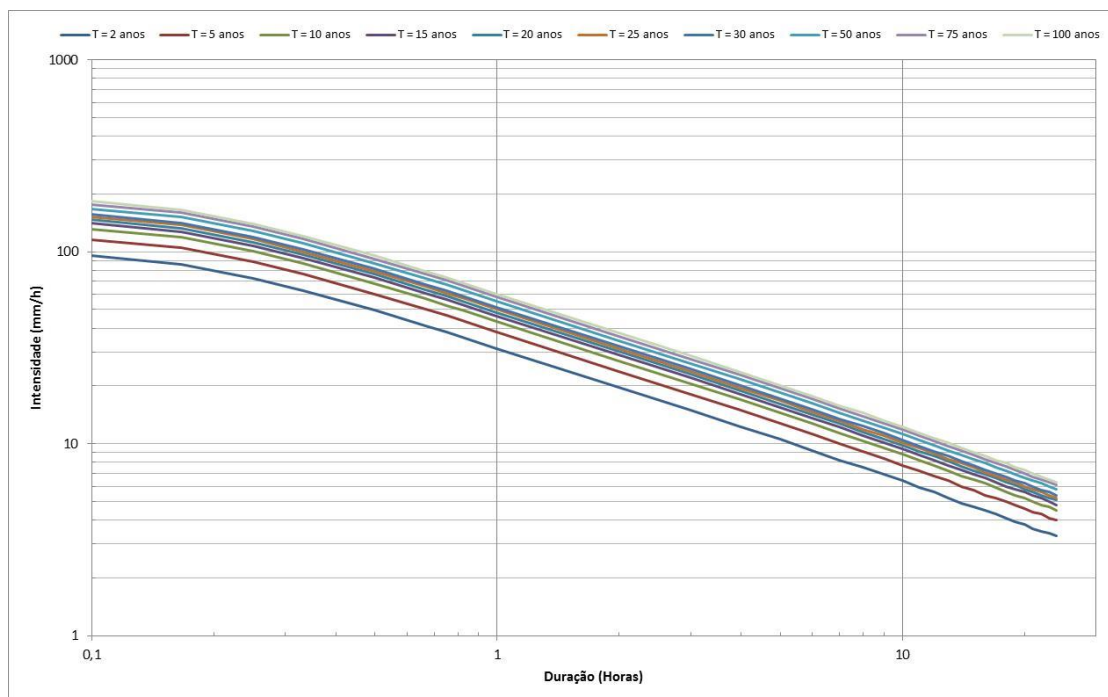


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

a, b, c, d, δ são parâmetros da equação

No caso de Ouro Preto, para durações de 10 minutos a 1 hora (inclusive), os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 2,2335 ; b = 7,9174 ; c = 7,3951 ; d = 26,1732 \text{ e } \delta = 0$$

$$i = \{[(2,2335 \ln(T) + 7,9174) \cdot \ln(t)] + 7,3951 \ln(T) + 26,1732\} / t \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são:

$$a = 4,292 ; b = 15,2478 ; c = 4,7577 ; d = 16,8414 \text{ e } \delta = 50,69$$

$$i = \{[(4,292 \ln(T) + 15,2478) \cdot \ln(t + (50,69/60))] + 4,7577 \ln(T) + 16,8414\} / t \quad (03)$$

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	95,0	115,7	131,3	140,4	146,9	151,9	162,5	167,5	171,6	176,7	180,8	183,1
10 Minutos	86,0	104,7	118,8	127,1	132,9	137,5	147,0	151,6	155,3	159,8	163,5	165,7
15 Minutos	72,7	88,5	100,4	107,4	112,3	116,1	124,2	128,1	131,2	135,0	138,2	140,0
20 Minutos	62,7	76,3	86,6	92,6	96,8	100,1	107,1	110,4	113,1	116,4	119,1	120,7
30 Minutos	49,5	60,2	68,3	73,0	76,4	79,0	84,5	87,1	89,2	91,9	94,0	95,2
45 Minutos	41,2	46,4	52,6	56,2	58,8	60,8	65,1	67,1	68,7	70,7	72,4	73,3
1 HORA	31,3	38,1	43,2	46,2	48,3	50,0	53,5	55,1	56,5	58,1	59,4	60,2
2 HORAS	19,6	23,8	27,0	28,9	30,2	31,3	33,4	34,5	35,3	36,3	37,2	37,7
3 HORAS	14,9	18,1	20,5	22,0	23,0	23,8	25,4	26,2	26,8	27,6	28,3	28,6
4 HORAS	12,2	14,9	16,9	18,0	18,9	19,5	20,9	21,5	22,0	22,7	23,2	23,5
5 HORAS	10,5	12,7	14,4	15,4	16,1	16,7	17,9	18,4	18,9	19,4	19,9	20,1
6 HORAS	9,2	11,2	12,7	13,6	14,2	14,7	15,7	16,2	16,6	17,1	17,5	17,7
7 HORAS	8,2	10,0	11,4	12,2	12,7	13,1	14,1	14,5	14,8	15,3	15,6	15,8
8 HORAS	7,5	9,1	10,3	11,0	11,5	11,9	12,8	13,2	13,5	13,9	14,2	14,4
12 HORAS	5,6	6,8	7,7	8,2	8,6	8,9	9,5	9,8	10,0	10,3	10,5	10,7
14 HORAS	4,9	6,0	6,8	7,3	7,6	7,9	8,4	8,7	8,9	9,2	9,4	9,5
20 HORAS	3,8	4,6	5,2	5,6	5,8	6,0	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,3
24 HORAS	3,3	4,0	4,5	4,8	5,1	5,2	5,6	5,8	5,9	6,1	6,2	6,3

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	7,9	9,6	10,9	11,7	12,2	12,7	13,5	14,0	14,3	14,7	15,1	15,3
10 Minutos	14,3	17,5	19,8	21,2	22,2	22,9	24,5	25,3	25,9	26,6	27,3	27,6
15 Minutos	18,2	22,1	25,1	26,9	28,1	29,0	31,1	32,0	32,8	33,8	34,6	35,0
20 Minutos	20,9	25,4	28,9	30,9	32,3	33,4	35,7	36,8	37,7	38,8	39,7	40,2
30 Minutos	24,8	30,1	34,2	36,5	38,2	39,5	42,3	43,6	44,6	46,0	47,0	47,6
45 Minutos	30,9	34,8	39,5	42,2	44,1	45,6	48,8	50,3	51,5	53,0	54,3	55,0
1 HORA	31,3	38,1	43,2	46,2	48,3	50,0	53,5	55,1	56,5	58,1	59,4	60,2
2 HORAS	39,2	47,6	54,0	57,8	60,4	62,6	66,8	69,0	70,6	72,6	74,4	75,4
3 HORAS	44,7	54,3	61,5	66,0	69,0	71,4	76,2	78,6	80,4	82,8	84,9	85,8
4 HORAS	48,8	59,6	67,6	72,0	75,6	78,0	83,6	86,0	88,0	90,8	92,8	94,0
5 HORAS	52,5	63,5	72,0	77,0	80,5	83,5	89,5	92,0	94,5	97,0	99,5	100,5
6 HORAS	55,2	67,2	76,2	81,6	85,2	88,2	94,2	97,2	99,6	102,6	105,0	106,2
7 HORAS	57,4	70,0	79,8	85,4	88,9	91,7	98,7	101,5	103,6	107,1	109,2	110,6
8 HORAS	60,0	72,8	82,4	88,0	92,0	95,2	102,4	105,6	108,0	111,2	113,6	115,2
12 HORAS	67,2	81,6	92,4	98,4	103,2	106,8	114,0	117,6	120,0	123,6	126,0	128,4
14 HORAS	68,6	84,0	95,2	102,2	106,4	110,6	117,6	121,8	124,6	128,8	131,6	133,0
20 HORAS	76,0	92,0	104,0	112,0	116,0	120,0	128,0	132,0	136,0	140,0	144,0	146,0
24 HORAS	79,2	96,0	108,0	115,2	122,4	124,8	134,4	139,2	141,6	146,4	148,8	151,2

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Ouro Preto, foi registrada uma chuva de 70 mm com duração de 1 hora, 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (05)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 70 mm dividido por 1 h é igual a 70 mm/h. Substituindo os valores na equação 05 e considerando os parâmetros para durações inferiores ou iguais a 1 hora temos:

$$T = \exp \left[\frac{70 \times 1 - 7,9174 \ln(1) - 26,1732}{2,2335 \ln(1) + 7,3951} \right] = 374,8 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 374,8 anos corresponde a uma probabilidade de 0,27% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou:

$$P(i \geq 70 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{374,8} 100 = 0,27\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. *Cidades*. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang>. Acesso em dezembro de 2014.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 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 (Ano Civil)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1963	1964	22/06/1963	73,1
1966	1967	29/05/1966	108,3
1968	1969	27/01/1968	117,7
1969	1970	24/05/1969	50,3
1970	1971	11/08/1970	144,2
1971	1972	08/05/1971	136,1
1972	1973	23/04/1972	100,3
1973	1974	22/04/1973	129,2
1974	1975	22/05/1974	119,3
1975	1976	17/07/1975	123,4
1976	1977	23/05/1976	112,4
1977	1978	05/07/1977	71,6
1980	1981	10/06/1980	139,4
1985	1986	31/07/1985	104,2
1986	1987	18/06/1986	100,2
1987	1988	01/04/1987	52,2
1988	1989	15/07/1988	84,4
1989	1990	12/07/1989	84,2
1990	1991	29/07/1990	165
1991	1992	24/05/1991	106
1993	1994	29/03/1993	73,5
1994	1995	20/06/1994	162,7
1995	1996	24/07/1995	89,3
1996	1997	29/04/1996	144,5
1997	1998	06/04/1997	119
1998	1999	25/08/1998	89,2
1999	2000	21/05/1999	95,8
2000	2001	26/06/2000	116,5
2001	2002	13/06/2001	90,6
2002	2003	04/03/2002	98,2
2003	2004	16/06/2003	73,9
2004	2005	26/06/2004	67,6
2005	2006	02/06/2005	91,9
2006	2007	30/04/2006	86
2007	2008	20/04/2007	102,5
2008	2009	21/03/2008	97,2
2012	2013	14/06/2012	104,3
2013	2014	18/05/2013	57,5

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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).

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.

ENDEREÇOS

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar
Brasília – DF – CEP: 70830-030
Tel: 61 2192-8252
Fax: 61 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel: 61 3223-1059 - 21 2295-8248
Fax: 61 3323-6600 - 21 2295-5804

Departamento de Gestão Territorial

Tel: 21 2295-6147 - Fax: 21 2295-8094

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0307 - Fax: 31 3878-0383

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

www.cprm.gov.br

