

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
DE DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro
Município: Conceição de Macabu
Estação Pluviométrica: Macabuzinho
Código ANA: 02241003

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2016

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
DE DESASTRES**

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Conceição de Macabu - RJ

**Estação Pluviométrica: Macabuzinho
Código: 02241003**

**SÃO PAULO
2016**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DE DESASTRES
INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

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 São Paulo

Copyright © 2016 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo
Rua Costa, 55 - Bairro Cerqueira César
São Paulo - SP - 01304-010
Telefone: (11) 3775-5101
Fax: (11) 3256-8430
<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: Conceição de Macabu/RJ. Estação Pluviométrica: Macabuzinho, Código 02241003. Caluan Rodrigues Capozzoli; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – São Paulo : CPRM, 2016.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CAPOZZOLI C.R.; PICKBRENER, 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

Marco Antônio Martins Almeida

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

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA DE SÃO PAULO

José Carlos Garcia Ferreira
Superintendente

Vanesca Sartorelli Medeiros
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Elizete Domingues Salvador
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Lauro Gracindo Pizzatto
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcos Evaristo da Silva
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 memoriam*)

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 Silva do 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 Gestão de Riscos e de Desastres 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 Conceição de Macabu/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Macabuzinho, código 02241003, distante 17 km da sede municipal de Conceição de Macabu.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Conceição de Macabu.

O município de Conceição de Macabu está localizado no estado do Rio de Janeiro, na microrregião Macaé. Conceição de Macabu faz divisa com os municípios de Campos dos Goytacazes, Carapebus, Macaé, Quissamã, Santa Maria Madalena, e Trajano de Moraes.

O município de Conceição de Macabu possui área aproximada de 348 km² (IBGE) e a sede municipal localiza-se a uma altitude aproximada de 40 metros. Segundo o IBGE, apresentava no ano de 2010 uma população de 27.224 habitantes.

A estação Macabuzinho, código 02241003, está localizada na Latitude 22°05'10"S e Longitude 41°44'23"W, no município de Conceição de Macabu, a uma distância aproximada de 17 km da sede municipal. Esta estação pluviométrica é de responsabilidade da ANA e operação pela 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.

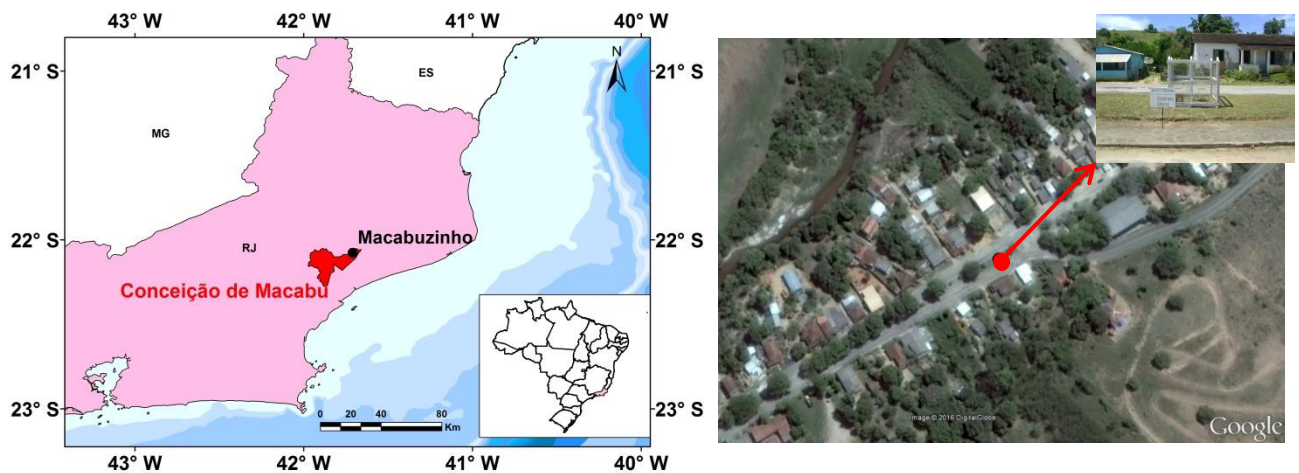


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Macabuzinho, código 02241003, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Octubro a 30/Setembro), 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 estabelecidas por Davis e Naghettini (2000) considerando que o município está inserido na Região Homogênea I e apresenta precipitação média anual de 1422 mm. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

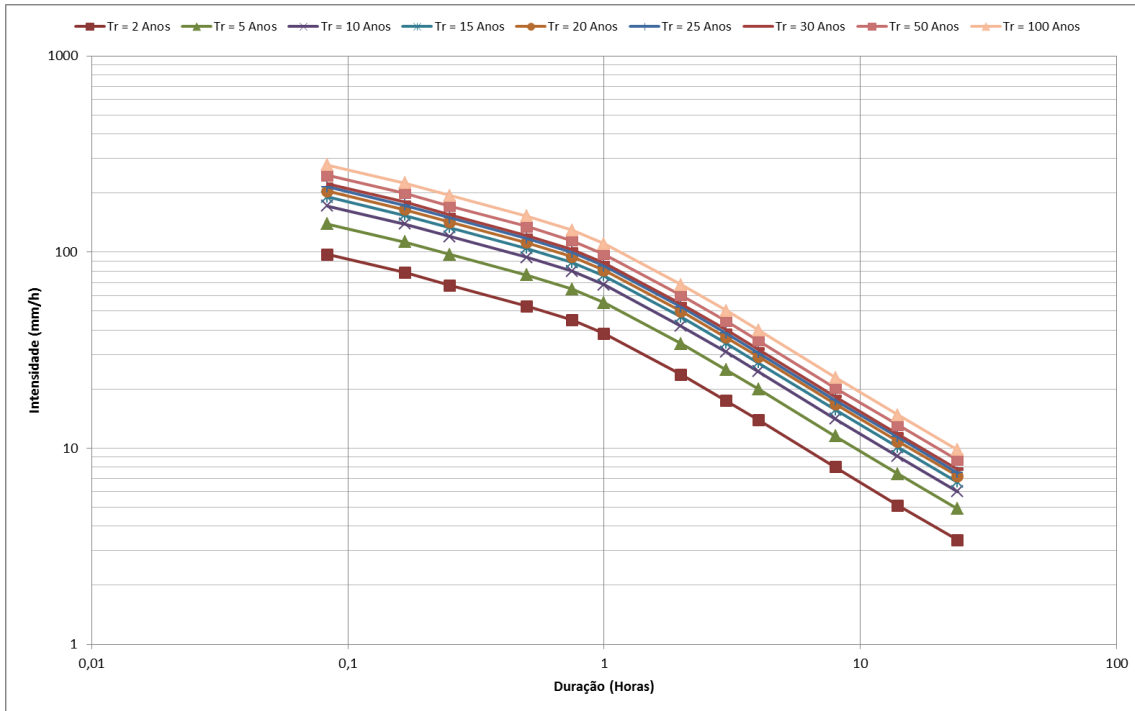


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Macabuzinho, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 248 ; b = 0,2601 ; c = 4,2$ e $d = 0,4686$, para as durações de 5 minutos até 1 hora

$$i = \frac{2481T^{0,2601}}{(t+4,2)^{0,4686}} \text{ para } 5 \text{ minutos} \leq t \leq 1 \text{ hora} \quad (02)$$

$a = 1110,5 ; b = 0,2601 ; c = 10,5$ e $d = 0,8106$, para as durações de 1 hora até 24 horas

$$i = \frac{1110,5T^{0,2601}}{(t+10,5)^{0,8106}} \text{ para } 1 \text{ hora} < t \leq 24 \text{ horas} \quad (03)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno 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	105,0	133,2	159,6	177,3	191,1	202,5	228,8	242,5	254,3	269,5	282,6	290,4
10 Minutos	85,7	108,7	130,2	144,7	155,9	165,2	186,7	197,9	207,5	219,9	230,6	237,0
15 Minutos	74,4	94,4	113,0	125,6	135,4	143,5	162,1	171,8	180,1	190,9	200,2	205,7
20 Minutos	66,7	84,7	101,4	112,7	121,4	128,7	145,4	154,1	161,6	171,3	179,6	184,6
30 Minutos	56,7	72,0	86,2	95,8	103,3	109,4	123,7	131,1	137,4	145,6	152,7	157,0
45 Minutos	47,9	60,7	72,7	80,8	87,1	92,3	104,3	110,5	115,9	122,8	128,8	132,4
1 HORA	42,2	53,6	64,2	71,3	76,9	81,5	92,1	97,6	102,3	108,4	113,7	116,9
2 HORAS	25,6	32,5	39,0	43,3	46,7	49,5	55,9	59,2	62,1	65,8	69,0	70,9
3 HORAS	18,9	23,9	28,7	31,9	34,3	36,4	41,1	43,6	45,7	48,4	50,8	52,2
4 HORAS	15,1	19,2	23,0	25,5	27,5	29,2	32,9	34,9	36,6	38,8	40,7	41,8
5 HORAS	12,7	16,1	19,3	21,4	23,1	24,5	27,7	29,3	30,8	32,6	34,2	35,1
6 HORAS	11,0	14,0	16,7	18,6	20,0	21,2	24,0	25,4	26,7	28,2	29,6	30,4
7 HORAS	9,7	12,4	14,8	16,5	17,7	18,8	21,2	22,5	23,6	25,0	26,2	27,0
8 HORAS	8,8	11,1	13,3	14,8	16,0	16,9	19,1	20,2	21,2	22,5	23,6	24,2
12 HORAS	6,3	8,1	9,6	10,7	11,6	12,2	13,8	14,7	15,4	16,3	17,1	17,6
14 HORAS	5,6	7,1	8,5	9,5	10,2	10,8	12,2	13,0	13,6	14,4	15,1	15,5
20 HORAS	4,2	5,3	6,4	7,1	7,7	8,1	9,2	9,7	10,2	10,8	11,3	11,7
24 HORAS	3,6	4,6	5,5	6,1	6,6	7,0	7,9	8,4	8,8	9,3	9,8	10,1

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	8,7	11,1	13,3	14,8	15,9	16,9	19,1	20,2	21,2	22,5	23,5	24,2
10 Minutos	14,3	18,1	21,7	24,1	26,0	27,5	31,1	33,0	34,6	36,6	38,4	39,5
15 Minutos	18,6	23,6	28,3	31,4	33,8	35,9	40,5	42,9	45,0	47,7	50,0	51,4
20 Minutos	22,2	28,2	33,8	37,6	40,5	42,9	48,5	51,4	53,9	57,1	59,9	61,5
30 Minutos	28,4	36,0	43,1	47,9	51,6	54,7	61,8	65,5	68,7	72,8	76,4	78,5
45 Minutos	35,9	45,5	54,5	60,6	65,3	69,2	78,2	82,9	86,9	92,1	96,6	99,3
1 HORA	42,2	53,6	64,2	71,3	76,9	81,5	92,1	97,6	102,3	108,4	113,7	116,9
2 HORAS	51,3	65,1	77,9	86,6	93,3	98,9	111,8	118,5	124,2	131,6	138,0	141,9
3 HORAS	56,6	71,8	86,0	95,6	103,0	109,2	123,4	130,8	137,1	145,3	152,4	156,6
4 HORAS	60,5	76,7	91,9	102,1	110,0	116,6	131,8	139,6	146,4	155,2	162,7	167,2
5 HORAS	63,5	80,6	96,5	107,2	115,6	122,5	138,4	146,7	153,8	163,0	170,9	175,6
6 HORAS	66,0	83,8	100,3	111,5	120,2	127,4	143,9	152,5	159,9	169,5	177,7	182,6
7 HORAS	68,2	86,6	103,7	115,2	124,1	131,6	148,7	157,6	165,2	175,1	183,6	188,7
8 HORAS	70,1	89,0	106,6	118,4	127,6	135,3	152,9	162,0	169,9	180,0	188,7	194,0
12 HORAS	76,2	96,7	115,8	128,6	138,6	146,9	166,0	175,9	184,5	195,5	205,0	210,7
14 HORAS	78,6	99,7	119,4	132,7	143,0	151,5	171,2	181,4	190,3	201,6	211,4	217,3
20 HORAS	84,3	107,0	128,1	142,4	153,4	162,6	183,7	194,7	204,2	216,4	226,9	233,2
24 HORAS	87,4	110,9	132,8	147,5	159,0	168,5	190,4	201,8	211,6	224,2	235,1	241,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Conceição de Macabu, foi registrada uma Chuva de 162 mm com duração de 8 horas (480 minutos). Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 03. Dessa forma temos:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^a}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 162 mm dividido por 8 h é igual a 20,25 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{20,25(480 + 10,5)^{0,8106}}{1110,5} \right]^{1/0,2601} = 50 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 50 anos corresponde a uma probabilidade de 2% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 20,25\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{50} 100 = 2\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAVIS, E. G.; NAGHETTINI, M. C. Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro. *In: Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro*. CPRM, 2001.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 04 de maio de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 04 de maio de 2016.

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 (01/Out a 30/Set)

Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
28/01/1950	128,0
08/03/1951	64,2
17/01/1952	70,0
26/01/1953	104,7
31/03/1954	65,1
01/06/1955	50,6
12/03/1956	94,2
11/04/1957	71,6
19/04/1958	82,2
01/02/1960	86,8
04/01/1961	78,2
17/02/1962	38,2
15/12/1962	79,8
06/01/1964	51,2
02/03/1968	52,2
18/11/1968	46,0
09/11/1970	64,0
25/11/1971	100,0
20/11/1972	63,0
19/11/1973	100,0
20/01/1975	100,0
28/09/1976	100,9
24/12/1976	38,2
17/11/1977	56,2
23/01/1979	47,0
27/12/1979	90,0
12/11/1980	48,0
11/11/1981	58,2
27/09/1983	93,2
24/01/1984	90,0
28/01/1985	63,6
05/02/1987	87,7
19/02/1988	89,3
05/04/1989	54,1
21/12/1989	83,0
13/01/1991	73,4

ANEXO I (continuação)

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

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

05/11/1992	100,0
24/12/1994	74,2
21/01/1996	60,0
01/01/1997	78,7
12/02/1998	190,9
07/03/1999	53,0
08/02/2001	56,4
21/10/2001	75,6
14/01/2003	52,0
31/10/2003	63,2
04/03/2005	96,9
08/11/2005	172,1
03/01/2007	101,3
30/01/2008	129,1
28/01/2009	156,3
26/02/2010	177,5
09/01/2012	98,3
27/01/2013	92,3
26/11/2013	87,3
07/02/2015	67,2

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Davis e Naghettini (2000) para região I com precipitação anual média de 1422 mm.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,88	0,78	0,68	0,58	0,47

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,69	0,44	0,21

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e de Desastres 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 São Paulo

Rua Costa, 55 - Cerqueira César
São Paulo - SP - CEP: 01304-010
Tel.: 11 3775-5101 - Fax: 11 3775-5165

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

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

