

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: São Paulo
Município: São Roque
Estação Pluviométrica: Mairinque
Código ANA: 02347038
Códigos DAEE: E4-041

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil



2019

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

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: São Roque/SP

Estação Pluviométrica: Mairinque
Códigos: 02347038 (ANA) - E4-041 (DAEE/SP)

Karine Pickbrenner

Eber José de Andrade Pinto

Equação definida por Santos, Pickbrenner e Pinto em 2019



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

PORTO ALEGRE

2019

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2019 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: 0(xx)(51) 3406-7300
Fax: 0(xx)(51) 3233-7772
<http://www.cprm.gov.br/>

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Pickbrenner, Karine

P594 Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias): Município São Roque/SP / Karine Pickbrenner; Eber José de Andrade Pinto. – Porto Alegre: CPRM, 2019.
12p.; anexos

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade

ISBN 978-85-7499-557-1

1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF I. Pinto, Eber José de Andrade. II. Título

CDD 551.570981

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Lúcia B. F. Coelho CRB10 - 840

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

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Marisete Fátima Dadald Pereira

SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Alexandre Vidigal de Oliveira

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Alexandre Vidigal de Oliveira

Vice-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Conselheiros

Cassio Roberto da Silva

Geraldo Medeiros de Moraes

Lília Mascarenhas Sant'Agostino

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Lucy Takehara Chemale
Superintendente

Diogo Rodrigues Andrade da Silva
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Carla Klein
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Raquel Barros Binotto
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Alexandre Trevisan Chagas
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Departamento de Hidrologia
Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial
Maria Adelaide Mansini Maia

Divisão de Hidrologia Aplicada
Adriana Dantas Medeiros
Achiles Monteiro (*In memoriam*)

Divisão de Geologia Aplicada
Sandra Fernandes da Silva

**Coordenação Executiva do DEHID
Projeto Atlas Pluviométrico**
Eber José de Andrade Pinto

**Coordenação do Projeto Cartas
Municipais de Suscetibilidade**
Tiago Antonelli

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

José Alexandre Moreira Farias (*In memoriam*) - REFO

Karine Pickbrenner - SUREG PA

Equipe Executora

Adriana Burin Weschenfelder - SUREG /PA

Adriano da Silva Santos - SUREG /RE

Caluan Rodrigues Capozzoli – SUREG /SP

Catharina dos Prazeres Campos de Farias– SUREG /BE

Jean Ricardo da Silvado 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

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 Santos, Pickbrenner e Pinto (2019) para o município de Mairinque/SP, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Mairinque, códigos 02347038(ANA) e E4-041(DAEE/SP), localizada a 6,0 km da sede municipal de São Roque.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – EQUAÇÃO	01
3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO	04
4 – REFERÊNCIAS	04
ANEXO I	05
ANEXO II	06

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localizações dos municípios e da estação pluviométrica

Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

1 – INTRODUÇÃO

A equação elaborada para Mairinque pode ser utilizada no município de São Roque/SP.

O município de São Roque está localizado a 66 km de São Paulo, capital do estado de São Paulo e faz fronteira com os municípios de Mairinque, Itu, Araçariguama, Itapevi, Vargem Grande Paulista, Cotia e Ibiúna. O município possui uma área aproximada de 306,908 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 771 metros em sua sede. A população de São Roque, segundo IBGE (2010), é de 78.821 habitantes.

A estação Mairinque, códigos 02347038(ANA) e E4-041(DAEE/SP), está localizada na Latitude 23°33'00.00"S e Longitude 47°10'59.88"O, na sub-bacia 62, dos rios Paraná, Tietê e outros. A estação pluviométrica localiza-se na sede do município de Mairinque e está em operação desde 1940. O período utilizado na elaboração da IDF foi de 1940 a 2012. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos registros diários de precipitação, sendo a estação operada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo - DAEE.

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



Figura 01 – Localizações 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 Mairinque, 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 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 IDF estabelecidas por Weschenfelder, Pickbrenner e Pinto (2016) para o município de Ibiúna/SP. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

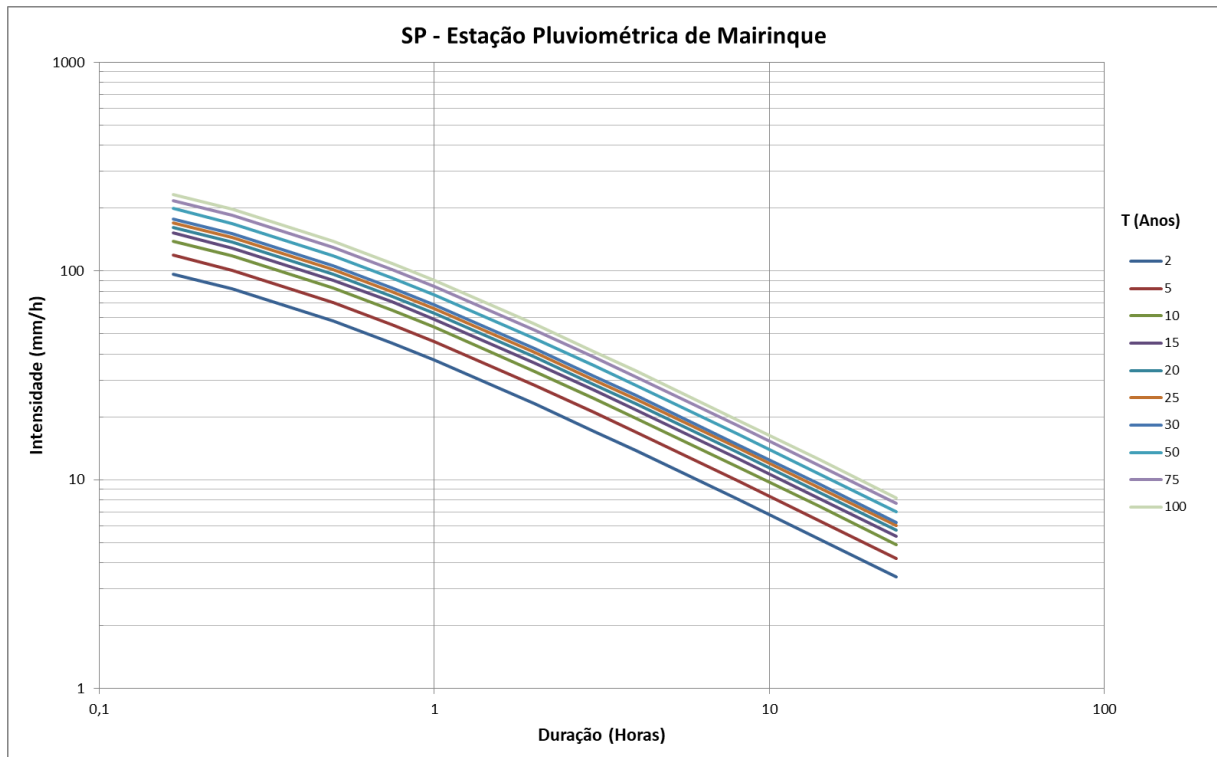


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Mairinque, para durações de 10 minutos a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$$a = 965,3 ; b = 0,2242; c = 11,8 \text{ e } d = 0,7967;$$

$$i = \frac{965,3 T^{0,2242}}{(t+11,8)^{0,7967}} \quad (02)$$

As equações definidas podem ser utilizadas no município de São Roque e 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 (mm/h)

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	96,8	118,9	138,8	152,1	162,2	170,5	177,6	189,5	199,2	207,5	218,1	227,2	232,7
15 Minutos	82,1	100,8	117,8	129,0	137,6	144,6	150,7	160,7	169,0	176,0	185,0	192,8	197,4
20 Minutos	71,6	88,0	102,8	112,6	120,1	126,2	131,5	140,2	147,4	153,6	161,5	168,2	172,2
30 Minutos	57,6	70,8	82,7	90,5	96,6	101,5	105,7	112,8	118,6	123,5	129,9	135,3	138,5
45 Minutos	45,1	55,4	64,7	70,9	75,6	79,5	82,8	88,3	92,9	96,7	101,7	106,0	108,5
1 HORA	37,4	46,0	53,7	58,8	62,7	66,0	68,7	73,3	77,1	80,3	84,4	87,9	90,0
2 HORAS	23,1	28,3	33,1	36,3	38,7	40,7	42,4	45,2	47,5	49,5	52,0	54,2	55,5
3 HORAS	17,1	21,0	24,6	26,9	28,7	30,2	31,4	33,5	35,2	36,7	38,6	40,2	41,1
4 HORAS	13,8	16,9	19,8	21,6	23,1	24,3	25,3	27,0	28,4	29,5	31,1	32,4	33,1
5 HORAS	11,6	14,3	16,7	18,3	19,5	20,5	21,3	22,7	23,9	24,9	26,2	27,3	27,9
6 HORAS	10,1	12,4	14,5	15,9	16,9	17,8	18,5	19,8	20,8	21,7	22,8	23,7	24,3
7 HORAS	9,0	11,0	12,9	14,1	15,0	15,8	16,5	17,6	18,5	19,2	20,2	21,1	21,6
8 HORAS	8,1	9,9	11,6	12,7	13,5	14,2	14,8	15,8	16,6	17,3	18,2	19,0	19,4
12 HORAS	5,9	7,2	8,4	9,3	9,9	10,4	10,8	11,5	12,1	12,6	13,3	13,8	14,2
14 HORAS	5,2	6,4	7,5	8,2	8,7	9,2	9,6	10,2	10,7	11,2	11,8	12,3	12,5
20 HORAS	3,9	4,8	5,7	6,2	6,6	6,9	7,2	7,7	8,1	8,4	8,9	9,3	9,5
24 HORAS	3,4	4,2	4,9	5,4	5,7	6,0	6,3	6,7	7,0	7,3	7,7	8,0	8,2

Tabela 02 – Altura de chuva (mm)

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	16,1	19,8	23,1	25,3	27,0	28,4	29,6	31,6	33,2	34,6	36,4	37,9	38,8
15 Minutos	20,5	25,2	29,4	32,2	34,4	36,2	37,7	40,2	42,2	44,0	46,3	48,2	49,3
20 Minutos	23,9	29,3	34,3	37,5	40,0	42,1	43,8	46,7	49,1	51,2	53,8	56,1	57,4
30 Minutos	28,8	35,4	41,3	45,3	48,3	50,8	52,9	56,4	59,3	61,8	64,9	67,6	69,3
45 Minutos	33,8	41,6	48,6	53,2	56,7	59,6	62,1	66,3	69,7	72,6	76,3	79,5	81,4
1 HORA	37,4	46,0	53,7	58,8	62,7	66,0	68,7	73,3	77,1	80,3	84,4	87,9	90,0
2 HORAS	46,2	56,7	66,2	72,5	77,3	81,3	84,7	90,4	95,0	99,0	104,0	108,4	111,0
3 HORAS	51,3	63,1	73,7	80,7	86,0	90,5	94,2	100,5	105,7	110,1	115,7	120,6	123,4
4 HORAS	55,1	67,7	79,1	86,6	92,4	97,1	101,2	107,9	113,4	118,2	124,2	129,4	132,5
5 HORAS	58,1	71,4	83,4	91,3	97,4	102,4	106,6	113,7	119,6	124,6	131,0	136,4	139,7
6 HORAS	60,6	74,4	86,9	95,2	101,6	106,8	111,2	118,6	124,7	129,9	136,6	142,3	145,7
7 HORAS	62,8	77,1	90,0	98,6	105,2	110,6	115,2	122,9	129,2	134,6	141,5	147,4	150,9
8 HORAS	64,7	79,4	92,8	101,6	108,4	113,9	118,7	126,6	133,1	138,6	145,7	151,8	155,5
12 HORAS	70,7	86,8	101,4	111,0	118,4	124,5	129,7	138,3	145,4	151,5	159,3	165,9	169,9
14 HORAS	73,1	89,7	104,8	114,8	122,4	128,7	134,1	143,0	150,3	156,6	164,7	171,5	175,6
20 HORAS	78,8	96,8	113,1	123,8	132,1	138,8	144,6	154,3	162,2	169,0	177,6	185,0	189,5
24 HORAS	81,9	100,6	117,5	128,7	137,2	144,3	150,3	160,3	168,5	175,6	184,6	192,3	196,9

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Em São Roque foi registrada uma chuva de 75 mm com duração de 45 minutos. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resposta: *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, 75 mm divididos por 45 minutos são iguais a 100 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{100(45 + 11,8)^{0,7967}}{965,3} \right]^{1/0,2242} = 69,5 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 69,5 anos corresponde a uma probabilidade de 1,44% de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou seja:

$$P(i \geq 100 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{69,5} 100 = 1,44\%$$

4 – REFERÊNCIAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama do município de São Roque (SP)**. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <https://https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-roque/panorama>. Acesso em: 03 out. 2019.

PINTO, Eber José de Andrade. **Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, 2013.

SANTOS, Adriano da Silva; PICKBRENNER, Karine; PINTO, Eber José de Andrade. **Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência; município: Várzea Paulista/SP**. Recife: CPRM, 2019. 12p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.

WESCHENFELDER, Adriana Burin; PICKBRENNER, Karine; PINTO, Eber José de Andrade. **Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência; município: Ibiúna/SP**. Porto Alegre: CPRM, 2016. 16p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.

ANEXO I

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

Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

N	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	N	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1	22/01/1941	47,5	22	22/08/1986	58,4
2	01/01/1942	53,4	23	24/01/1987	116,4
3	05/03/1947	63,0	24	18/12/1987	127,7
4	11/12/1947	104,6	25	30/07/1989	92,0
5	26/01/1951	90,0	26	12/11/1989	48,5
6	05/02/1967	56,4	27	06/10/1991	82,0
7	16/05/1968	77,8	28	12/01/1993	60,0
8	28/10/1968	67,4	29	09/01/1994	65,0
9	19/11/1969	86,8	30	27/12/1994	127,8
10	21/12/1970	52,8	31	14/10/1995	57,0
11	13/07/1972	55,2	32	02/02/1997	82,0
12	13/12/1974	72,3	33	08/01/1998	85,0
13	04/06/1976	67,8	34	15/01/1999	70,0
14	09/06/1978	99,6	35	18/03/2000	81,5
15	05/11/1978	97,4	36	07/02/2001	64,5
16	16/12/1979	63,2	37	02/10/2001	90,0
17	14/01/1981	69,0	38	12/11/2002	90,7
18	30/11/1981	117,8	39	26/01/2004	88,0
19	02/02/1983	152,5	40	24/05/2005	120,0
20	04/04/1984	76,6	41	27/01/2010	97,0
21	18/03/1985	99,0	42	13/02/2012	74,0

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações, utilizadas para a desagregação dos quantis diários, foram obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Weschenfelder, Pickbrenner e Pinto (2016) para o município de Ibiúna, SP.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,78	0,73	0,64	0,61	0,56	0,41

Relação 45min/1h	Relação 30min/1h	Relação 15min/1h	Relação 10min/1h
0,91	0,82	0,54	0,43

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 Infraestrutura Geocientífica

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

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105-Santa Teresa
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030
Tel.: 51 3406-7300 - Fax: 51 3233-7772

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



PAC