

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Pará

Município: Monte Alegre

Estação Pluviométrica: Monte Alegre

Código ANA: 00254002

Código INMET: 82181

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2015

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

**PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A 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**

Município: Monte Alegre - PA

**Estação Pluviométrica: Monte Alegre,
Código ANA 00254002
Código INMET 82181**

**TERESINA
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

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
Residência de Teresina

Copyright @ 2015 CPRM – Residência de Teresina
Rua Goiás, 312 – Sul
Teresina - PI - 64.001-620
Telefone: (86) 3222-4153
Fax: (86) 3223-6188
<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: Monte Alegre. Estação Pluviométrica: Monte Alegre, Código ANA 00254002, Código INMET 82181. Jean Ricardo da Silva do Nascimento; José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Teresina, PI: CPRM, 2015.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - NASCIMENTO, J. R. S.; FARIAS J. A. M.; 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

Eduardo Braga

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

RESIDÊNCIA DE TERESINA

Francisco das Chagas Lages Correia Filho
Chefe da Residência

Carlos Antonio da Luz
Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial

Elizangela Soares Amaral
Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Francisca de Paula da Silva Braga
Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Thiago Moraes Sousa
Assistente 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 Késsia 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

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Celina Monteiro – Sureg/BE

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

Eliamara Soares Silva – 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

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

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero - Sureg/GO

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a 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 Monte Alegre/PA em que foi utilizada a estação pluviométrica Monte Alegre, código ANA 00254002 e código INMET 82181.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Monte Alegre/PA e regiões circunvizinhas.

O município de Monte Alegre está localizado no Estado do Pará, na porção noroeste do Estado, fazendo fronteira com os municípios Almeirim, Santarém, Prainha e Alenquer. Possui uma área de 18.152,560 km² (IBGE). Segundo o IBGE, apresenta no ano de 2014 uma população estimada de 5.231 habitantes.

A Estação MONTE ALEGRE, Código INMET 82181, está localizada na Latitude 02°00'08"S e Longitude 54°04'35"W (Segundo inventário da ANA), dentro da localidade de Monte Alegre/PA. Essa estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1974, sendo atualmente operada pelo INMET. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fontes: Wikipédia e Google Earth, 2015)

2 - EQUAÇÃO

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 Parintins/AM, distante 298 km do município de Monte Alegre. Foram utilizados os dados da estação Monte Alegre, código INMET 82181. O período de dados utilizados no trabalho foi o seguinte: 1974-2015.

A Figura 02 apresenta as curvas de intensidade resultantes da equação ajustada.

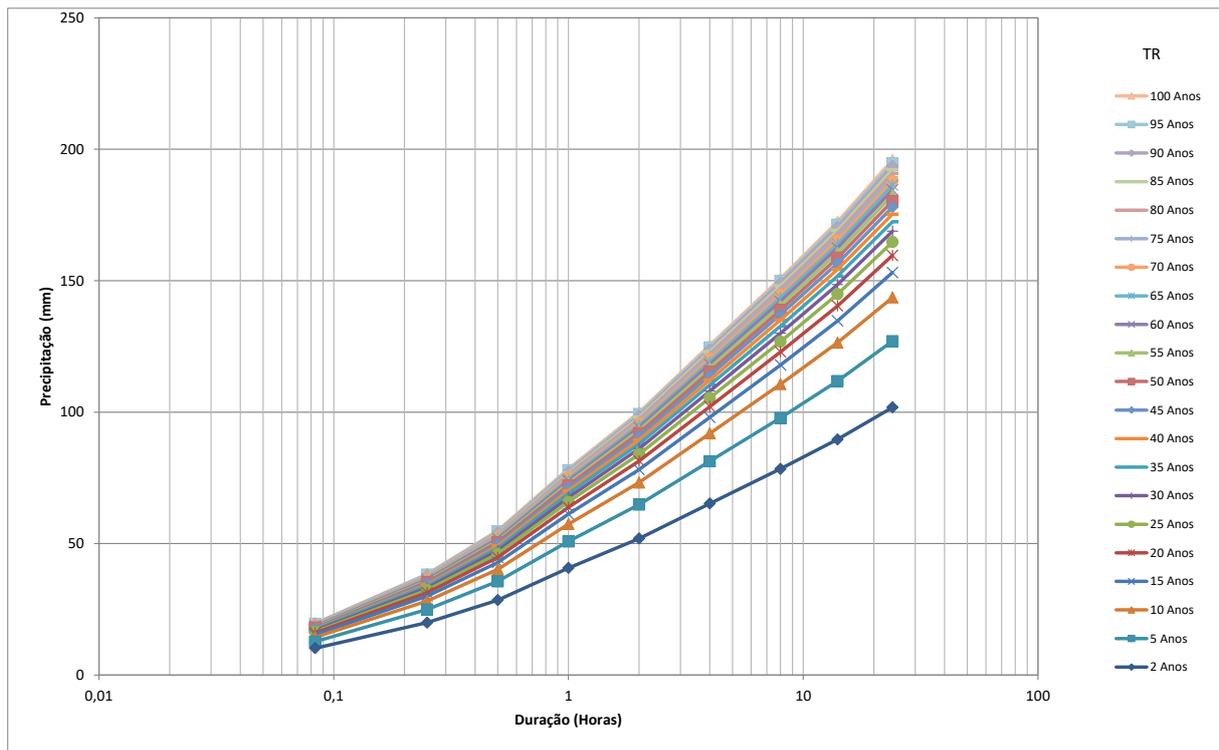


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

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 Monte Alegre, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 4,8576 ; b = 18,2031 ; c = 8,453 ; d = 31,6998 \text{ e } \delta = 12$$

$$i = \left\{ \left[(4,8576 \ln(T) + 18,2031) \cdot \ln(t + (12/60)) \right] + 8,453 \ln(T) + 31,6998 \right\} / t \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

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

$$a = 4,9572 ; b = 18,6418 ; c = 7,5607 ; d = 28,3831 \text{ e } \delta = 27$$

$$i = \left\{ \left[(4,9572 \ln(T) + 18,6418) \cdot \ln(t + (27/60)) \right] + 7,5607 \ln(T) + 28,3831 \right\} / t \quad (03)$$

A equação acima 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 de Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	95,5	115,2	130,1	138,8	145	149,7	153,7	159,8	164,6	168,6	173,3	179,5
15 Minutos	81,3	98,1	110,8	118,2	123,5	127,6	130,9	136,2	140,2	143,6	147,7	152,9
20 Minutos	72	86,8	98,1	104,6	109,3	112,9	115,9	120,5	124,1	127,1	130,7	135,4
30 Minutos	59,7	72	81,4	86,8	90,7	93,7	96,1	100	103	105,4	108,4	112,3
45 Minutos	48,6	58,6	66,2	70,6	73,8	76,2	78,2	81,4	83,8	85,8	88,2	91,4
1 HORA	41,5	50	56,5	60,3	63	65,1	66,8	69,5	71,6	73,3	75,3	78
2 HORAS	26,7	32,2	36,4	38,8	40,5	41,9	43	44,7	46	47,1	48,5	50,2
3 HORAS	20,3	24,5	27,7	29,5	30,8	31,9	32,7	34	35	35,9	36,9	38,2
4 HORAS	16,6	20,1	22,7	24,2	25,3	26,1	26,8	27,9	28,7	29,4	30,2	31,3
5 HORAS	14,2	17,1	19,4	20,6	21,6	22,3	22,9	23,8	24,5	25,1	25,8	26,7
6 HORAS	12,5	15	17	18,1	18,9	19,5	20	20,9	21,5	22	22,6	23,4
7 HORAS	11,1	13,4	15,2	16,2	16,9	17,5	17,9	18,6	19,2	19,6	20,2	20,9
8 HORAS	10,1	12,2	13,7	14,7	15,3	15,8	16,2	16,9	17,4	17,8	18,3	19
12 HORAS	7,4	9	10,1	10,8	11,3	11,7	12	12,4	12,8	13,1	13,5	14
14 HORAS	6,6	8	9	9,6	10	10,4	10,6	11,1	11,4	11,7	12	12,4
20 HORAS	5	6	6,8	7,3	7,6	7,9	8,1	8,4	8,6	8,8	9,1	9,4
24 HORAS	4,3	5,2	5,9	6,3	6,6	6,8	7	7,3	7,5	7,7	7,9	8,2

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração de Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	15,9	19,2	21,7	23,1	24,2	25,0	25,6	26,6	27,4	28,1	28,9	29,9
15 Minutos	20,3	24,5	27,7	29,6	30,9	31,9	32,7	34,0	35,1	35,9	36,9	38,2
20 Minutos	24	28,9	32,7	34,9	36,4	37,6	38,6	40,2	41,4	42,4	43,6	45,1
30 Minutos	29,9	36	40,7	43,4	45,3	46,8	48,1	50	51,5	52,7	54,2	56,2
45 Minutos	36,5	44	49,7	53	55,3	57,2	58,7	61	62,9	64,4	66,2	68,5
1 HORA	41,5	50	56,5	60,3	63,0	65,1	66,8	69,5	71,6	73,3	75,3	78
2 HORAS	53,4	64,4	72,7	77,6	81	83,7	85,9	89,4	92	94,2	96,9	100,4
3 HORAS	61	73,5	83	88,6	92,5	95,6	98,1	102	105,1	107,6	110,6	114,6
4 HORAS	66,6	80,3	90,7	96,7	101	104,4	107,1	111,4	114,7	117,5	120,8	125,1
5 HORAS	71,1	85,7	96,8	103,2	107,8	111,4	114,4	118,9	122,5	125,5	128,9	133,5
6 HORAS	74,8	90,2	101,8	108,6	113,5	117,2	120,3	125,1	128,9	131,9	135,7	140,5
7 HORAS	78	94	106,2	113,3	118,3	122,2	125,4	130,4	134,3	137,5	141,4	146,5
8 HORAS	80,7	97,4	109,9	117,3	122,5	126,6	129,9	135,1	139,1	142,4	146,5	151,7
12 HORAS	89,3	107,7	121,6	129,7	135,5	140	143,6	149,4	153,9	157,5	162	167,8
14 HORAS	92,6	111,6	126,1	134,5	140,5	145,1	148,9	154,9	159,5	163,3	168	174
20 HORAS	100,3	120,9	136,5	145,6	152,1	157,1	161,2	167,7	172,7	176,9	181,9	188,4
24 HORAS	104,2	125,6	141,9	151,4	158,1	163,3	167,6	174,3	179,5	183,8	189	195,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Monte Alegre, foi registrada uma Chuva de 55,8 mm com duração de 30 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial urbana 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 55,8 mm dividido por 0,5 h é igual a 111,6 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{111,6 \cdot 0,5 - 18,2031 \ln(t + (12/60)) - 31,6998}{4,8576 \ln(t + (12/60)) + 8,453} \right] = 95 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 95 anos corresponde a uma probabilidade de 1,05% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 111,6 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{95} 100 = 1,05\%$$

O evento ocorrido apresenta um tempo de retorno de 95 anos, o qual é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem urbana de Monte Alegre, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. *Drenagem Urbana: Manual de Projeto*. 3ª ed, São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

DAEE. Precipitações Intensas no Estado de São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica DAEE / Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos - USP, Dezembro de 2013.

FENDRICH, R. *Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná*. 3ª Edição Ampliada. Curitiba-PR, 2011.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em junho de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150480&search=para|monte-alegre>. Acesso em junho de 2015.

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. Bello Horizonte. Mar., 2013.

TABORGA, J. T. *Práticas Hidrológicas*. TRANSCON Consultoria Técnica Ltda. Rio de Janeiro, RJ, 1974.

WIKIPEDIA, 2014. Ficheiro – Pará – Município: Monte Alegre. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Monte_Alegre_\(Par%C3%A1\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Monte_Alegre_(Par%C3%A1)). Acesso em junho de 2015.

ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico (01/out a 30/set)

Data	P Max Diária
29/04/1974	110
04/01/1975	96
08/02/1976	122
12/07/1977	80,4
05/04/1978	84
25/02/1979	56,4
06/03/1980	88
24/03/1981	92,4
28/05/1982	75,8
21/03/1983	90,4
10/05/1984	114,8
18/03/1985	144
11/03/1986	80,3
28/09/1987	104,4
13/07/1988	71,4
21/10/1989	81,6
11/12/1990	57
20/04/1991	109,4
01/04/1992	77
24/02/1993	57,4
05/03/1994	72,2
05/12/1995	124
17/03/1996	116,8
09/05/1997	67,6
10/03/1998	82
22/12/1999	106,7
15/11/2000	99,7
29/04/2001	74,6
04/04/2002	89
22/03/2003	147,5
17/01/2004	85,9
10/07/2005	97,8
28/04/2006	105,4
13/03/2007	62,6
14/05/2008	80,2
30/12/2009	110,4
04/05/2010	86,8
09/04/2011	153,4
18/02/2012	100,8
02/05/2013	58,8
17/02/2014	91
02/04/2015	116,6

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a 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

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul
Teresina - PI - CEP: 64001-620
Tel.: 86 3222-4153 - Fax: 86 3222-6651

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



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA