

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA
GEOLOGIA, DA MINERAÇÃO E DA
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Maranhão
Município: Imperatriz
Estação Pluviográfica: Imperatriz
Código ANA: 3615006

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2013

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

**PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL
LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE**

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA

**Município: Imperatriz/MA
Estação Pluviográfica: Imperatriz
Código 3615006**

**TERESINA/PI
2013**

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Residência de Teresina

Copyright @ 2013 CPRM – Residência de Teresina
Rua Goiás - Bairro Ilhotas
Teresina - PI - 64.001-620
Telefone: (86)3222-4153
Fax: (86) 3222-4153
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Imperatriz/MA. Estação Pluviométrica: Imperatriz, Código 3615006.
Jean Ricardo da Silva do Nascimento, José Alexandre Moreira Farias; Eber José
de Andrade Pinto. Teresina, PI: CPRM, 2013.

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.; 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

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

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

Jean Ricardo da Silva do Nascimento - RETE

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

Apoio Técnico

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

Nayanna Coelho Miranda - RETE

Taciana dos Santos Lima – RETE

Estagiários de Hidrologia

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Carolina Macalos – Sureg/PA

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

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero - Sureg/GO

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral 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.

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.

Este relatório apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Imperatriz/MA onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Imperatriz, código 3615006. Esta estação fica localizada no município de Imperatriz/MA.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Imperatriz/MA.

O município de Imperatriz é um município brasileiro do estado do Maranhão, sendo sua segunda cidade mais populosa, que fica na microrregião de Imperatriz, dentro da mesorregião Oeste Maranhense, fazendo fronteira ao Norte com os municípios de Cidelândia e São Francisco do Brejão, ao Sul com Governador Edison Lobão, a Leste com João Lisboa, Senador La Roque e Davinópolis e a Oeste com São Miguel do Tocantins, Praia Norte, Augustinópolis e Sampaio. O município de Imperatriz possui área aproximada de 1.368,987km² (IBGE). Apresenta uma população de 247.505 habitantes (IBGE, 2010) e população estimada para 2013 de 251.468 habitantes.

A estação Imperatriz, código 3615006, está localizada na Latitude 05°31'59,9" S e Longitude 47°28'59,9" W. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos pluviogramas de um pluviógrafo IH, modelo 4. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e Estação Pluviográfica. (Fontes: Google Earth, 2013 e Wikipédia)

2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Imperatriz, código 3615006, foram utilizadas séries de duração parcial e os dados utilizados constam do Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a de Exponencial. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

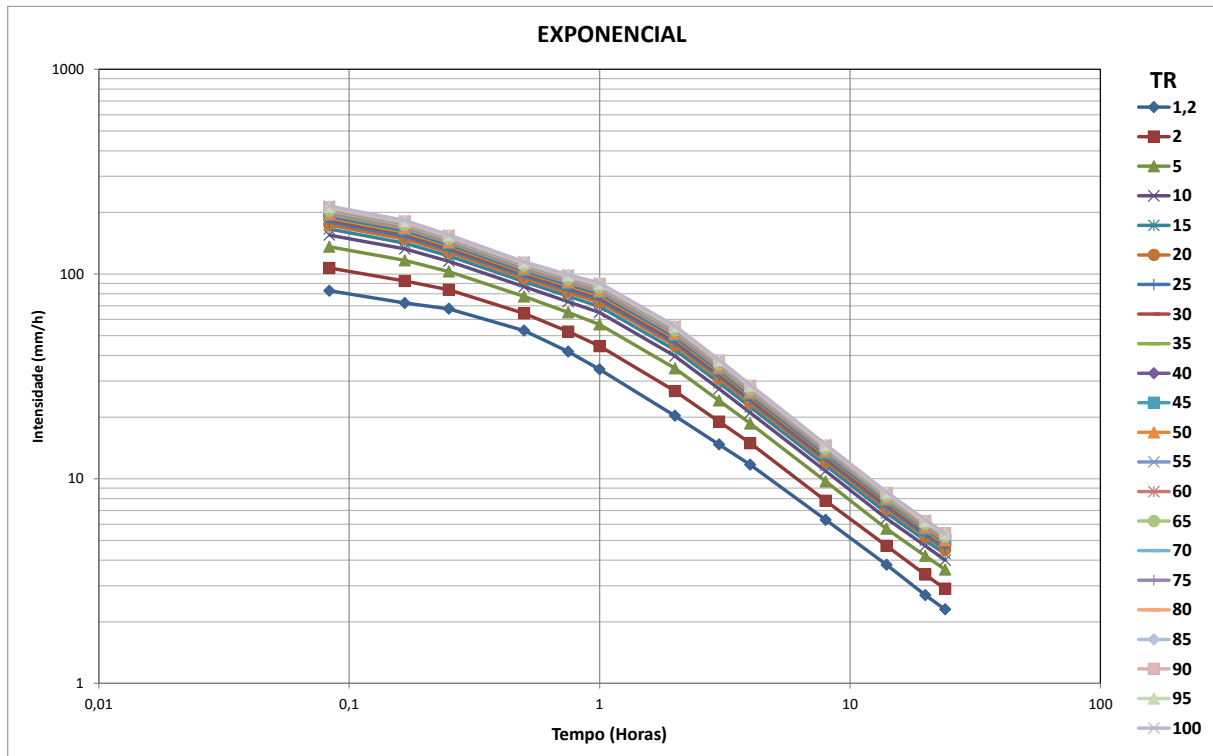


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Imperatriz os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 2106,2351 ; b = 0,1314 ; c = 20,2953 \text{ e } d = 0,8821 ;$$

$$i = \frac{2106,2351T^{0,1314}}{(t+20,2953)^{0,8821}} \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempo de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 24 horas.

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Imperatriz, foi registrada uma Chuva de 38 mm com duração de 15 minutos, 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, 38 mm dividido por 0,25 h é igual a 152 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{152(15 + 20,2953)^{0,8821}}{2106,2351} \right]^{1/0,1314} = 50 \text{ anos}$$

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

$$P(i \geq 152\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{50} 100 = 2\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 50 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem de Imperatriz, 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.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=210530&search=maranhao|imperatriz>. Acesso em: Setembro de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/temas.php?codmun=210530&idtema=1&search=maranhao|imperatriz|censo-demografico-2010:-sinopse->. Acesso em: Setembro de 2013.

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.

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

WIKIPEDIA, 2013. Ficheiro – Maranhão - Município de Imperatriz. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Imperatriz_\(Maranh%C3%A3o\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Imperatriz_(Maranh%C3%A3o)). Acesso em: Setembro de 2013.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados por Duração – Altura de Chuva (mm)

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN
04/02/1982	8,49	21/09/1982	14,24	10/12/1983	19,10	21/09/1982	27,86
21/09/1982	8,80	10/12/1983	13,77	28/12/1983	26,83	10/12/1983	31,59
25/09/1983	9,90	28/12/1983	20,64	21/01/1984	22,75	28/12/1983	42,77
28/12/1983	11,72	21/01/1984	16,91	14/04/1984	23,16	21/01/1984	36,10
05/01/1984	8,92	12/02/1984	12,24	27/04/1984	20,54	14/04/1984	39,53
21/01/1984	10,49	14/04/1984	19,20	15/02/1985	18,26	27/04/1984	32,17
14/04/1984	11,20	15/02/1985	14,93	08/03/1985	26,43	08/03/1985	36,63
15/02/1985	10,32	08/03/1985	18,25	31/10/1985	22,27	25/03/1985	25,70
08/03/1985	10,00	25/03/1985	12,73	02/01/1986	22,90	02/04/1985	26,65
31/10/1985	12,05	31/10/1985	17,93	13/03/1986	25,05	13/03/1986	27,27
02/01/1986	12,38	02/01/1986	17,76	15/03/1986	29,40	28/10/1986	39,80
13/03/1986	11,52	28/10/1986	18,39	28/10/1986	25,57	30/12/1986	49,10
15/03/1986	11,76	04/03/1987	13,08	20/11/1986	18,14	30/03/1987	31,10
28/10/1986	11,31	30/03/1987	13,96	30/12/1986	27,12	25/12/1987	28,61
20/11/1986	9,50	25/12/1987	15,73	30/03/1987	18,33	18/01/1988	29,00
30/12/1986	13,68	22/01/1988	12,83	25/12/1987	20,09	13/12/1988	33,63
30/03/1987	9,60	04/04/1988	17,62	18/01/1988	18,10	23/12/1988	24,72
25/12/1987	10,46	23/12/1988	21,02	22/01/1988	18,22		
04/04/1988	9,70			04/04/1988	24,10		
23/06/1988	9,98			13/12/1988	21,46		
13/12/1988	9,80			23/12/1988	22,43		

DATA	45 MIN	DATA	1 HORA	DATA	2 HORAS	DATA	3 HORAS
21/09/1982	32,73	21/09/1982	33,83	27/01/1983	48,24	27/01/1983	56,70
27/01/1983	26,94	21/03/1983	31,87	21/03/1983	44,77	21/03/1983	48,18
10/12/1983	40,59	10/12/1983	45,98	10/12/1983	48,30	10/12/1983	48,30
28/12/1983	50,14	28/12/1983	53,34	28/12/1983	53,96	28/12/1983	55,08
21/01/1984	46,53	21/01/1984	51,38	21/01/1984	52,35	21/01/1984	52,58
13/02/1984	29,40	14/04/1984	52,46	14/04/1984	54,43	14/04/1984	54,47
14/04/1984	47,07	27/04/1984	41,12	27/04/1984	51,21	27/04/1984	56,32
27/04/1984	38,96	23/01/1985	30,27	31/10/1985	47,45	18/01/1985	51,24
31/10/1985	38,10	08/03/1985	38,06	16/01/1986	55,86	31/10/1985	48,67
27/12/1985	27,63	31/10/1985	43,68	13/03/1986	43,39	26/12/1985	55,32
02/01/1986	32,64	02/01/1986	32,64	15/03/1986	57,80	16/01/1986	64,93
15/03/1986	55,62	15/03/1986	57,80	02/04/1986	39,82	13/03/1986	48,97
28/10/1986	43,43	28/10/1986	46,50	28/10/1986	48,71	15/03/1986	57,80
04/03/1987	36,51	04/03/1987	47,48	20/11/1986	50,10	02/04/1986	55,51
14/03/1987	34,26	12/03/1987	34,46	30/12/1986	76,47	28/10/1986	51,21
30/03/1987	37,43	14/03/1987	39,27	04/03/1987	64,21	20/11/1986	56,60
25/12/1987	31,70	30/03/1987	41,43	14/03/1987	44,60	30/12/1986	76,95
18/01/1988	30,43	18/01/1988	33,53	30/03/1987	56,21	04/03/1987	72,38
04/04/1988	29,00	21/03/1988	45,71	21/03/1988	51,80	14/03/1987	47,47
13/12/1988	40,19	13/12/1988	42,65	13/12/1988	43,64	30/03/1987	67,34
						21/03/1988	54,30

DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	20 HORAS	DATA	24 HORAS
27/01/1983	61,64	26/01/1983	74,91	26/01/1983	74,95	26/01/1983	74,99	26/01/1983	75,60
21/03/1983	50,38	21/03/1983	56,00	21/03/1983	56,00	21/03/1983	57,65	21/03/1983	74,25
10/12/1983	48,30	10/12/1983	48,30	10/12/1983	58,10	12/12/1983	68,30	10/12/1983	58,10
28/12/1983	56,07	28/12/1983	56,60	12/12/1983	67,20	21/01/1984	57,00	12/12/1983	68,30
21/01/1984	52,60	21/01/1984	52,60	21/01/1984	57,00	13/02/1984	71,60	21/01/1984	71,50
13/02/1984	40,50	13/02/1984	65,90	13/02/1984	71,60	14/04/1984	76,47	13/02/1984	79,90
27/04/1984	57,81	27/04/1984	65,65	14/04/1984	72,78	27/04/1984	76,60	14/04/1984	76,47
08/03/1985	41,11	22/01/1985	55,11	27/04/1984	76,60	22/01/1985	57,19	27/04/1984	77,69
30/10/1985	50,80	01/04/1985	58,40	22/01/1985	57,19	01/04/1985	58,60	22/01/1985	57,19
26/12/1985	55,61	30/10/1985	56,82	01/04/1985	58,60	30/10/1985	56,82	01/04/1985	58,60
16/01/1986	67,60	26/12/1985	55,64	30/10/1985	56,82	26/12/1985	83,00	26/12/1985	83,00
15/03/1986	57,80	16/01/1986	72,00	26/12/1985	56,21	16/01/1986	76,00	16/01/1986	78,86
31/05/1986	44,24	02/04/1986	61,31	16/01/1986	72,00	15/03/1986	61,30	15/03/1986	61,41
20/11/1986	62,20	30/12/1986	77,61	02/04/1986	64,62	27/03/1986	64,44	27/03/1986	83,74
30/12/1986	77,08	03/03/1987	89,29	03/03/1987	93,59	02/04/1986	71,99	03/03/1987	93,59
04/03/1987	80,24	12/03/1987	60,11	11/03/1987	60,26	03/03/1987	93,59	12/03/1987	88,06
21/03/1988	54,30	14/03/1987	56,80	29/03/1987	122,40	29/03/1987	124,92	29/03/1987	125,00
08/12/1988	46,84	30/03/1987	121,53	20/11/1987	57,64	20/11/1987	63,70	20/11/1987	63,70
13/12/1988	43,64	11/03/1988	49,33	11/03/1988	59,80	11/03/1988	59,80	11/03/1988	59,80
		20/03/1988	54,30	20/03/1988	54,30	21/03/1988	65,24	21/03/1988	86,50
		07/12/1988	58,70	07/12/1988	59,69	07/12/1988	64,90	07/12/1988	64,90

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral 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 3222-4154 - 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
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA