

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS
DE MASSA E INUNDAÇÃO

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Município: Marechal Deodoro
Estação Pluviográfica: Marechal Deodoro
Código ANA: 00935057

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil



**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: Marechal Deodoro

**Estação Pluviométrica: Marechal Deodoro
Código 00935057**

**BELÉM
2017**

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)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belém

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Belém
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA – 66095-110
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349
<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: Marechal Deodoro. Estação Pluviométrica: Marechal Deodoro, Código 00935057. Andressa Macedo Silva de Azambuja e Eber José de Andrade Pinto – Belém: CPRM, 2017.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - AZAMBUJA, A.M.S. de e 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

Fernando Bezerra Coelho Filho

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Paulo Pedrosa

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Vicente Humberto Lobo Cruz

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

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Otto Bittencourt Netto

Vice-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Conselheiros

Cassio Roberto da Silva

Cassiano de Souza Alves

Elmer Prata Salomão

Paulo Cesar Abrão

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente (Interino)

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antonio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Jânio Souza Nascimento
Superintendente

Homero Reis de Melo Junior
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Cesar Lisboa Chaves
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Cristiane Silva de Sousa
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Sônia Cristina dos Santos Cavalcante
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
Tiago Antonelli

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico
José Alexandre Moreira Farias - REFO
Karine Pickbrenner - Sureg/PA

Equipe Executora

Adriana Burin Weschenfelder-Sureg/PA

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 para o município de Marechal Deodoro onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Marechal Deodoro, código 00935057, operada pela CPRM.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Marechal Deodoro e regiões circunvizinhas.

O município de Marechal Deodoro está localizado no estado de Alagoas, na Região Metropolitana de Maceió, a 19 km de Maceió, capital do estado. O município possui área de 331,682 km² e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 18 m. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 45.977 habitantes.

A estação de Marechal Deodoro, código 00935057, está localizada na Latitude 9°42'59"S e Longitude 35°53'33"W, no município de mesmo nome. O acesso à estação pode ser pela Av. Maria Madalena. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no Banco de Dados da ANA - Agencia Nacional de Águas. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.
(Fonte: Google *apud* SNIRH, 2014)

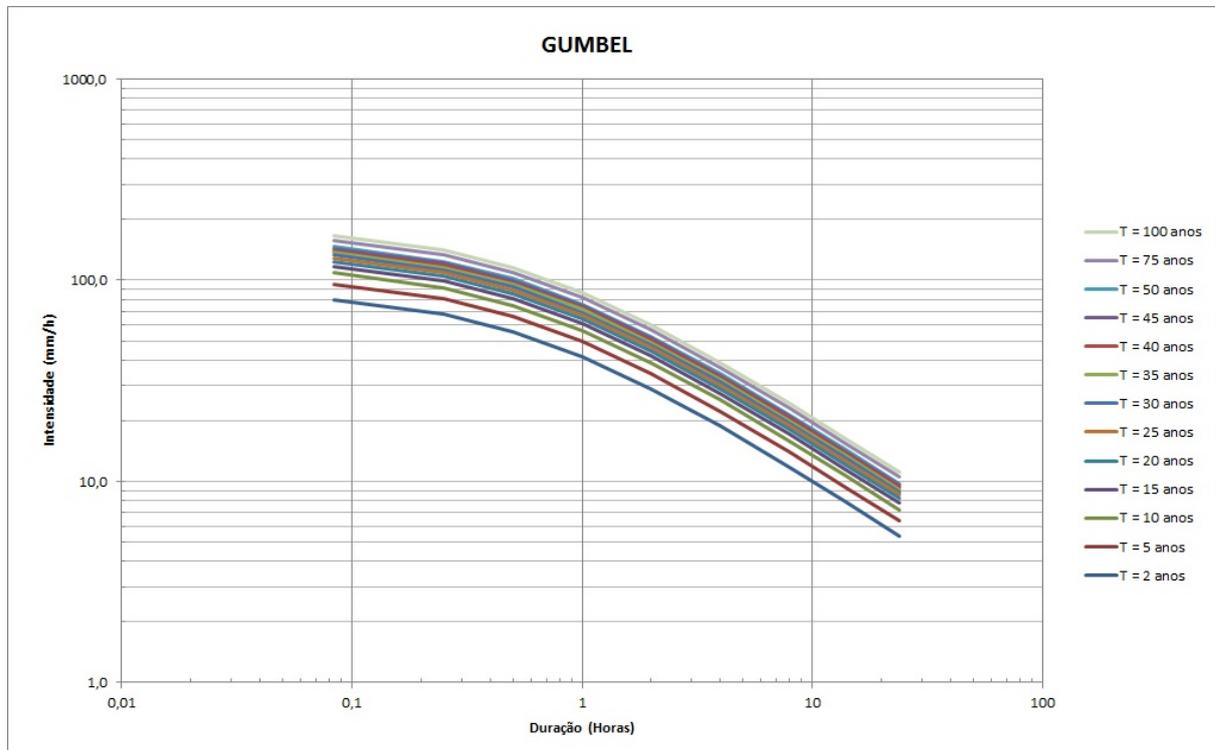
2 - EQUAÇÃO

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 Marechal Deodoro, código 00935057, 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 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 Maceió, distante 22 km da estação de Marechal

Deodoro. 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 Marechal Deodoro, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 1107,8 ; b = 0,1859 ; c = 34 \text{ e } d = 0,7485;$$

$$i = \frac{1107,8T^{0,1859}}{(t+34)^{0,7485}} \quad (02)$$

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, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
5 Minutos	81,2	96,3	109,5	118,1	124,6	129,8	134,3	138,2	147,7	152,8	159,3	164,8	168,0
10 Minutos	74,2	88,0	100,1	107,9	113,8	118,6	122,7	126,3	135,0	139,6	145,5	150,5	153,5
15 Minutos	68,4	81,1	92,3	99,5	105,0	109,5	113,2	116,5	124,5	128,8	134,3	138,9	141,6
20 Minutos	63,6	75,5	85,8	92,6	97,6	101,8	105,3	108,3	115,8	119,8	124,8	129,1	131,7
30 Minutos	56,0	66,4	75,6	81,5	86,0	89,6	92,7	95,4	101,9	105,5	109,9	113,7	116,0
45 Minutos	47,9	56,8	64,6	69,6	73,4	76,6	79,2	81,5	87,1	90,1	93,9	97,1	99,1
1 Hora	42,0	49,8	56,7	61,1	64,5	67,2	69,5	71,6	76,5	79,1	82,4	85,3	87,0
2 Horas	29,0	34,4	39,2	42,2	44,6	46,4	48,1	49,4	52,8	54,7	57,0	58,9	60,1
3 Horas	22,7	26,9	30,6	33,0	34,8	36,3	37,6	38,7	41,3	42,7	44,5	46,1	47,0
4 Horas	18,9	22,4	25,5	27,4	29,0	30,2	31,2	32,1	34,3	35,5	37,0	38,3	39,0
5 Horas	16,3	19,3	21,9	23,7	25,0	26,0	26,9	27,7	29,6	30,6	31,9	33,0	33,7
6 Horas	14,4	17,0	19,4	20,9	22,1	23,0	23,8	24,5	26,2	27,1	28,2	29,2	29,8
7 Horas	12,9	15,3	17,4	18,8	19,8	20,7	21,4	22,0	23,5	24,3	25,4	26,2	26,8
8 Horas	11,8	14,0	15,9	17,1	18,1	18,8	19,5	20,1	21,4	22,2	23,1	23,9	24,4
12 Horas	8,8	10,5	11,9	12,9	13,6	14,1	14,6	15,1	16,1	16,6	17,4	17,9	18,3
14 Horas	7,9	9,4	10,7	11,5	12,2	12,7	13,1	13,5	14,4	14,9	15,5	16,1	16,4
20 Horas	6,1	7,3	8,3	8,9	9,4	9,8	10,1	10,4	11,1	11,5	12,0	12,4	12,7
24 Horas	5,4	6,4	7,2	7,8	8,2	8,6	8,9	9,1	9,7	10,1	10,5	10,9	11,1

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
5 Minutos	6,8	8,0	9,1	9,8	10,4	10,8	11,2	11,5	12,3	12,7	13,3	13,7	14,0
10 Minutos	12,4	14,7	16,7	18,0	19,0	19,8	20,5	21,0	22,5	23,3	24,3	25,1	25,6
15 Minutos	17,1	20,3	23,1	24,9	26,3	27,4	28,3	29,1	31,1	32,2	33,6	34,7	35,4
20 Minutos	21,2	25,2	28,6	30,9	32,5	33,9	35,1	36,1	38,6	39,9	41,6	43,0	43,9
30 Minutos	28,0	33,2	37,8	40,8	43,0	44,8	46,4	47,7	51,0	52,7	55,0	56,9	58,0
45 Minutos	35,9	42,6	48,4	52,2	55,1	57,4	59,4	61,1	65,3	67,6	70,4	72,9	74,3
1 Hora	42,0	49,8	56,7	61,1	64,5	67,2	69,5	71,6	76,5	79,1	82,4	85,3	87,0
2 Horas	58,1	68,9	78,3	84,5	89,1	92,9	96,1	98,9	105,7	109,3	113,9	117,9	120,2
3 Horas	68,1	80,8	91,9	99,1	104,5	108,9	112,7	116,0	123,9	128,2	133,6	138,2	141,0
4 Horas	75,5	89,5	101,8	109,8	115,8	120,7	124,9	128,5	137,3	142,0	148,1	153,2	156,2
5 Horas	81,4	96,5	109,7	118,3	124,8	130,1	134,6	138,5	148,0	153,1	159,6	165,1	168,3
6 Horas	86,3	102,3	116,4	125,5	132,4	138,0	142,7	146,9	156,9	162,3	169,2	175,1	178,5
7 Horas	90,5	107,3	122,1	131,6	138,9	144,8	149,7	154,1	164,7	170,3	177,6	183,7	187,3
8 Horas	94,3	111,8	127,1	137,1	144,6	150,8	156,0	160,5	171,5	177,4	184,9	191,3	195,1
12 Horas	106,1	125,9	143,2	154,4	162,9	169,7	175,6	180,7	193,1	199,8	208,2	215,4	219,6
14 Horas	110,9	131,5	149,5	161,3	170,1	177,3	183,4	188,8	201,7	208,7	217,5	225,0	229,4
20 Horas	122,3	145,1	165,0	177,9	187,7	195,7	202,4	208,3	222,6	230,3	240,0	248,3	253,2
24 Horas	128,5	152,4	173,4	186,9	197,2	205,6	212,6	218,8	233,8	241,9	252,1	260,8	266,0

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Marechal Deodoro, foi registrada uma chuva de 50,7 mm com duração de 30 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:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 50,7 mm dividido por 0,5 h é igual a 101,4 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{101,4(30 + 34)^{0,7485}}{1107,8} \right]^{1/0,1859} = 49 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 49 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2%, ou

$$P(i \geq 101,4 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{49} 100 = 2\%$$

Este parâmetro tem grande utilidade para análises de risco e dimensionamento de obras de engenharia. Neste caso, para o período de retorno de 49 anos, a região poderia ser caracterizada como uma região de inundação frequente e alto risco para os núcleos urbanos.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Estação pluviométrica de Marechal Deodoro**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/PortalSuporte/frmSelecaoEstacao.aspx>>. Acesso em: ago. 2014.

_____. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: ago. 2014.

GOOGLE EARTH. **Estação pluviométrica de Marechal Deodoro**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: ago. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Marechal Deodoro**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/23A6O>>. Acesso em: ago. 2014.

PFAFSTETTER, Otto. **Chuvas intensas no Brasil**: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas registradas com pluviógrafos em 98 postos meteorológicos. 2. ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1982. 426 p.

PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, 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)
19/04/1991	65,6
09/09/1994	156,8
26/06/1995	97,3
19/03/1996	95,0
08/05/1997	122,7
07/06/1998	60,1
16/06/1999	105,9
11/07/2000	115,3
27/06/2001	84,5
11/01/2002	113,7
15/06/2003	55,0
02/06/2004	145,5
18/06/2005	101,0
07/06/2006	98,8
29/04/2007	96,1
27/03/2008	91,3
13/05/2009	138,5
05/06/2010	177,1
19/04/2011	149,5
26/06/2012	82,5
29/04/2013	110,1

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Maceió/AL.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,87	0,75	0,61	0,48	0,36

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,58	0,36	0,15

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

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 Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco
Belém - PA - CEP: 66095-110
Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

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

www.cprm.gov.br



PAC