

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: Água Doce do Norte
Estação Pluviográfica: Água Doce
Código ANA: 01840007

 **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: Água Doce do Norte - ES

**Estação Pluviométrica: Água Doce
Código ANA 01840007**

**BELO HORIZONTE
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-FREQÜÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright © 2017 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 – Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: 0(xx)(31)3878-0307
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Água Doce do Norte, Estação Pluviográfica: Água Doce. Código
01840007. Luana Kessia Lucas Alves Martins e Eber José de Andrade Pinto –
Belo Horizonte: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – MARTINS, L.K. L.
A.; 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

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

Antônio 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 BELO HORIZONTE

Leandro Lima
Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcio Antônio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Júlio Murilo Martino Pinho
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Margareth Marques dos Santos
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

e Achiles Monteiro (*In memorian*)

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 Água Doce do Norte/ES onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Água Doce, Código ANA 01840007, localizada no referido município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Água Doce do Norte/ES.

O município de Água Doce está localizado no Espírito Santo, na mesorregião Noroeste do Estado, fazendo fronteira com os municípios de Barra de São Francisco e Ecoporanga, além dos municípios mineiros de Ataléia, Mantena e Nova Belém. O município de Água Doce do Norte possui área de 473,729 km² (IBGE). Segundo o IBGE, apresentava no ano de 2010 uma população de 11.771 habitantes, sendo a população de 2015 estimada em 12.025 habitantes.

A Estação Água Doce, Código ANA 01840007, está localizada na Latitude 18°32'54"S e Longitude 40°58'35"W, no município de Água Doce do Norte, sob responsabilidade da ANA e operação pela CPRM. A data de instalação é julho de 1959, tratando-se de um pluviômetro Ville de Paris. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação. 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 Água Doce, Código ANA 01840007, 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 GEV, 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 Martins e Pinto (2015) para o município de Ecoporanga/ES, que é limítrofe ao município de Água Doce. As estações Água Doce e Ecoporanga distam cerca de 25 Km conforme é possível visualizar na Figura 01 acima. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

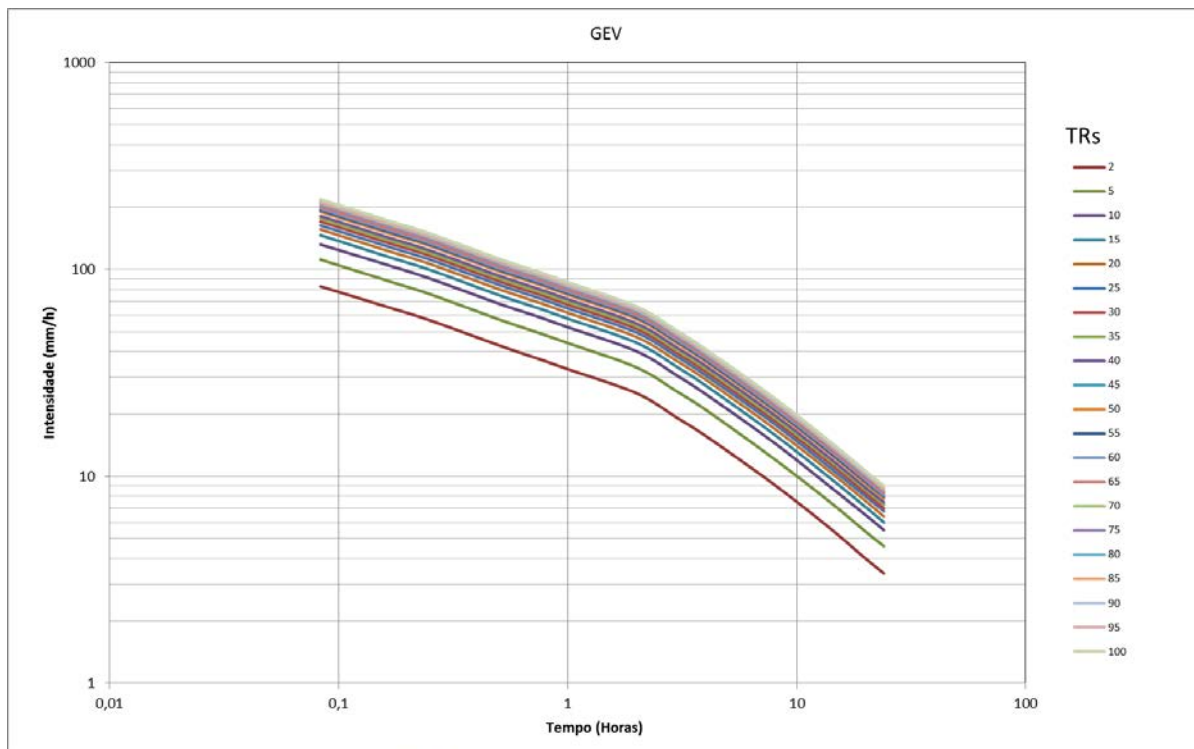


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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 da estação Água Doce foram definidas duas equações, conforme os seguintes parâmetros:

$$5\text{min} \leq t < 2\text{h}$$

$$a = 147,4 ; b = 0,2396 ; c = 0 \text{ e } d = 0,4029$$

$$i = \frac{147,4T^{0,2396}}{(t)^{0,4029}} \quad (02)$$

$$2\text{h} \leq t < 24\text{h}$$

$$a = 2274,6 ; b = 0,2326 ; c = 54 \text{ e } d = 0,8992$$

$$i = \frac{2274,6T^{0,2326}}{(t+54)^{0,8992}} \quad (03)$$

Estas equações são válidas para tempos de retorno de 5 até 100 anos. A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Já 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)										
	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	85,7	101,2	111,5	119,5	126,1	141,1	148,8	155,5	164,0	171,3	175,7
15 Minutos	72,8	86,0	94,7	101,5	107,1	119,8	126,4	132,0	139,3	145,5	149,2
20 Minutos	64,8	76,5	84,4	90,4	95,3	106,7	112,6	117,6	124,0	129,6	132,9
30 Minutos	55,1	65,0	71,6	76,8	81,0	90,6	95,6	99,9	105,3	110,1	112,9
45 Minutos	46,8	55,2	60,8	65,2	68,8	77,0	81,2	84,8	89,5	93,5	95,9
1 HORA	41,6	49,2	54,2	58,1	61,2	68,5	72,3	75,5	79,7	83,2	85,4
2 HORAS	32,0	37,6	41,3	44,1	46,5	51,9	54,6	57,0	60,0	62,6	64,2
3 HORAS	24,5	28,8	31,6	33,8	35,6	39,7	41,8	43,7	46,0	48,0	49,2
4 HORAS	20,0	23,4	25,8	27,5	29,0	32,4	34,1	35,6	37,5	39,1	40,0
5 HORAS	16,9	19,8	21,8	23,3	24,5	27,4	28,8	30,1	31,7	33,1	33,9
6 HORAS	14,7	17,2	18,9	20,2	21,3	23,8	25,1	26,1	27,5	28,7	29,4
7 HORAS	13,0	15,3	16,8	17,9	18,9	21,1	22,2	23,1	24,4	25,4	26,1
8 HORAS	11,7	13,7	15,1	16,1	17,0	18,9	19,9	20,8	21,9	22,8	23,4
12 HORAS	8,4	9,8	10,8	11,5	12,1	13,6	14,3	14,9	15,7	16,4	16,8
14 HORAS	7,3	8,6	9,5	10,1	10,7	11,9	12,5	13,1	13,8	14,4	14,7
20 HORAS	5,4	6,4	7,0	7,5	7,9	8,8	9,2	9,6	10,2	10,6	10,9
24 HORAS	4,6	5,4	6,0	6,4	6,7	7,5	7,9	8,2	8,7	9,1	9,3

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)										
	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	14,3	16,9	18,6	19,9	21,0	23,5	24,8	25,9	27,3	28,6	29,3
15 Minutos	18,2	21,5	23,7	25,4	26,8	30,0	31,6	33,0	34,8	36,4	37,3
20 Minutos	21,6	25,5	28,1	30,1	31,8	35,6	37,5	39,2	41,3	43,2	44,3
30 Minutos	27,5	32,5	35,8	38,4	40,5	45,3	47,8	49,9	52,7	55,0	56,4
45 Minutos	35,1	41,4	45,6	48,9	51,6	57,7	60,9	63,6	67,1	70,1	71,9
1 HORA	41,6	49,2	54,2	58,1	61,2	68,5	72,3	75,5	79,7	83,2	85,4
2 HORAS	63,9	75,1	82,6	88,3	93,0	103,7	109,2	114,0	120,1	125,3	128,4
3 HORAS	73,5	86,3	94,9	101,4	106,9	119,2	125,5	131,0	138,0	143,9	147,5
4 HORAS	79,8	93,8	103,0	110,2	116,0	129,4	136,3	142,2	149,8	156,3	160,2
5 HORAS	84,4	99,2	109,0	116,5	122,7	136,9	144,2	150,5	158,5	165,3	169,4
6 HORAS	88,0	103,4	113,6	121,5	127,9	142,7	150,3	156,8	165,2	172,3	176,6
7 HORAS	90,9	106,8	117,4	125,5	132,2	147,4	155,3	162,0	170,6	178,0	182,4
8 HORAS	93,3	109,6	120,5	128,8	135,7	151,4	159,4	166,3	175,2	182,8	187,3
12 HORAS	100,3	117,8	129,4	138,4	145,8	162,6	171,3	178,7	188,2	196,4	201,2
14 HORAS	102,7	120,7	132,7	141,8	149,4	166,7	175,5	183,1	192,9	201,3	206,2
20 HORAS	108,3	127,2	139,8	149,5	157,4	175,6	185,0	193,0	203,3	212,1	217,3
24 HORAS	111,0	130,4	143,3	153,2	161,4	180,0	189,6	197,9	208,4	217,4	222,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Água Doce do Norte, foi registrada uma chuva de 160 mm com duração de 4 horas, que provocou sérios transtornos nos sistemas de drenagem pluvial. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária à inversão da equação 01. Dessa forma temos:

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

Como a duração da chuva é de 4 horas devem ser utilizados os parâmetros da equação 03. A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 160 mm dividido por 4 h é igual a 40 mm/h. Substituindo os valores de intensidade e duração na equação 05 temos:

$$T = \left[\frac{40(240 + 54)^{0,8992}}{2274,6} \right]^{1/0,2326} = 99,5 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 99,5 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,0%, ou:

$$P(i \geq 40 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{99,5} 100 = 1,0\%$$

O evento ocorrido apresenta um tempo de retorno de 99,5 anos, o qual é muito superior aos tempos de retorno usualmente utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem urbana.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. *Cidades*. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang>. Acesso em setembro de 2015.

MARTINS, L. K. L. A.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil - Equações Intensidade-Duração-Frequência - Município: Ecoporanga/ES* – Belo Horizonte: CPRM, 2015.

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)	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
20/03/1960	60,7	18/10/1988	110,01
29/11/1960	68,21	16/12/1989	56,1
25/09/1962	41,6	21/03/1991	86,4
02/12/1962	50,2	22/04/1992	85,01
03/04/1964	56,2	15/02/1993	75,21
27/12/1964	68,2	22/12/1993	100,8
01/11/1965	75,6	17/03/1995	110
28/01/1967	71,4	26/12/1995	125
07/01/1968	52,4	03/01/1997	50,01
19/11/1968	100	26/03/1998	50,3
26/12/1969	80,4	04/03/1999	85
03/03/1971	55,41	06/02/2000	55
21/11/1971	95,8	16/11/2000	57,4
23/12/1972	54,1	18/11/2001	121
29/10/1973	95,2	29/12/2002	74,2
21/01/1975	46	07/12/2003	75,2
06/02/1976	70,01	27/10/2004	146,4
19/12/1976	65,6	08/12/2005	68,3
30/03/1978	59	10/12/2006	91,3
19/01/1979	65,2	08/12/2007	55,1
27/11/1979	70	25/11/2008	224
23/01/1981	94	30/10/2009	73,6
23/11/1981	86,41	11/03/2011	97
05/01/1983	60,2	03/12/2011	85,4
19/01/1985	80,5	26/11/2012	77,9
28/11/1985	122	19/12/2013	113,5
12/03/1987	52	15/12/2014	50
11/11/1987	93		

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Martins e Pinto (2015) para o município de Ecoporanga/ES.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,95	0,88	0,76	0,70	0,61	0,40

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,84	0,65	0,43	0,33	0,21

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 Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0300 - Fax: 31 3878-0383

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

www.cprm.gov.br



PAC