

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: Maracajá

Estação Pluviográfica: Foz do Manuel

Código ANA: 02849024

 **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: Maracajá - SC

**Estação Pluviométrica: Foz do Manuel
Código: 02849024 (ANA)**

**PORTO ALEGRE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS 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 Porto Alegre

Copyright @ 2017 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>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Maracajá/SC. Estação Pluviométrica: Foz do Manuel Código 02849024 (ANA) Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II -
WESCHENFELDER, A.B.; PICKBRENNER, K.; 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 Cruz

Vice-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Conselheiros

Ladice Peixoto

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Telton Elber Correa

Janaina Gomes Pires da Silva

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Eduardo Camozzato

Superintendente

Marcos Alexandre de Freitas

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero

Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marilene Fátima Bastos

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 memorian*)

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

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 Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado Nascimento – RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento – Sureg/BH

Apoio Técnico

Betânia Rodrigues dos Santos – Sureg/GO

Celina Monteiro – Sureg/BE

Danielle Cutolo – Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

Maximiliano Paschoaloti Messa – Sureg/PA

Priscila Nishihara Leo – Sureg/SP

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 Maracajá/SC onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Foz do Manuel, código 02849024 (ANA). Esta estação está localizada no município de Meleiro, aproximadamente a 12,6 km da sede do município de Maracajá.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Maracajá/SC.

O município de Maracajá está localizado no estado de Santa Catarina. O município possui uma área aproximada de 63 km² (IBGE, 2010) e sua sede localiza-se a uma altitude aproximada de 11 metros. A população de Maracajá, segundo IBGE (2010), é de 6.404 habitantes.

A estação Foz do Manuel, código 02849024, está localizada na Latitude 28°51'13"S e Longitude 49°35'23" O. Está inserida na sub-bacia 84, sub-bacia dos rios Tubarão, Araranguá e outros, mais especificamente na sub-bacia do rio Manoel Alves, um dos principais formadores do rio Araranguá, principal rio da sub-bacia do rio Araranguá. A estação pluviométrica localiza-se no município de Meleiro, aproximadamente a 12,6 km da sede do município de Maracajá. Esta estação encontra-se em operação desde 1977; o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1978 a 2015. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado atualmente pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agrícola de Santa Catarina).

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 Foz do Manuel, código 02849024, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas 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 de IDF estabelecidas pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM (Weschenfelder *et al.*, 2013) para o município de

Urussanga/SC. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

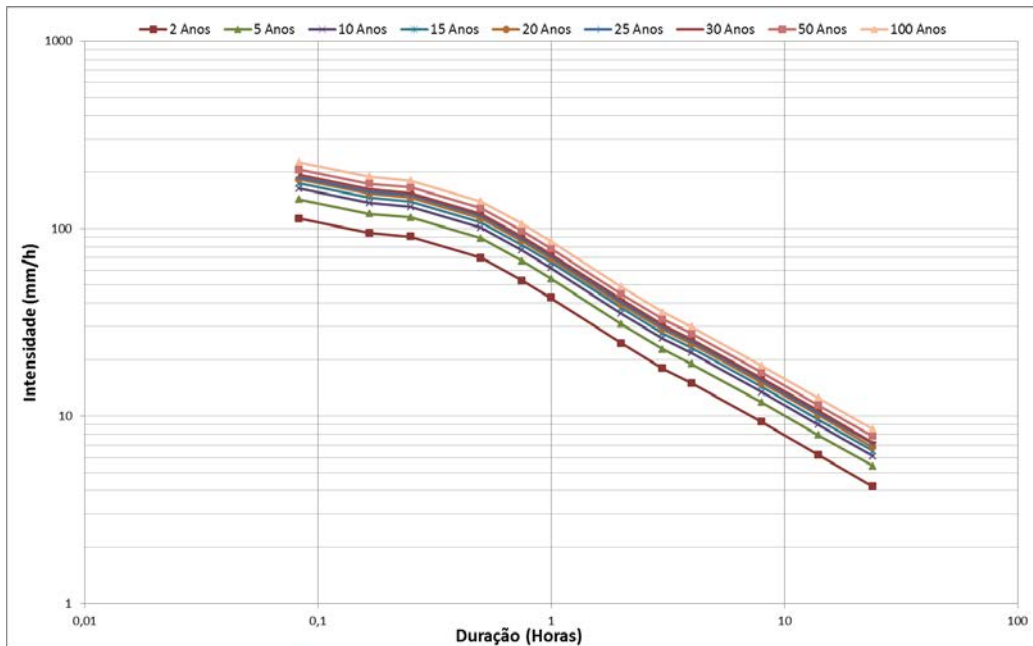


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são 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 Foz no Manuel, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

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

$$a = 7861,8; b = 0,1767; c = 35,0 \text{ e } d = 1,1670;$$

$$i = \frac{7861,8T^{0,1767}}{(t+35,0)^{1,1670}} \quad (02)$$

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

$$a = 657,1; b = 0,1624; c = 0 \text{ e } d = 0,6972;$$

$$i = \frac{657,1T^{0,1624}}{(t+0)^{0,6972}} \quad (03)$$

As equações acima 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 em mm/h

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	100
5 Minutos	120,0	141,1	159,4	171,3	180,2	187,5	193,6	203,7	211,9	218,8	224,9	227,6	239,5
10 Minutos	104,6	123,0	139,0	149,3	157,1	163,4	168,7	177,5	184,7	190,7	196,0	198,4	208,7
15 Minutos	92,5	108,7	122,9	132,0	138,9	144,5	149,2	157,0	163,3	168,7	173,3	175,4	184,6
20 Minutos	82,7	97,3	110,0	118,1	124,3	129,3	133,5	140,5	146,1	150,9	155,1	157,0	165,2
30 Minutos	68,1	80,0	90,5	97,2	102,3	106,4	109,9	115,6	120,2	124,2	127,6	129,2	135,9
45 Minutos	53,4	62,8	71,0	76,3	80,3	83,5	86,2	90,7	94,4	97,5	100,1	101,4	106,7
1 HORA	43,7	51,4	58,1	62,4	65,7	68,3	70,6	74,2	77,2	79,7	81,9	83,0	87,3
2 HORAS	24,7	29,0	32,8	35,3	37,1	38,6	39,8	41,9	43,6	45,0	46,3	46,9	49,3
3 HORAS	16,9	19,8	22,4	24,1	25,3	26,3	27,2	28,6	29,8	30,7	31,6	32,0	33,6
4 HORAS	12,6	14,9	16,8	18,1	19,0	19,8	20,4	21,5	22,3	23,1	23,7	24,0	25,2
5 HORAS	10,0	11,8	13,4	14,3	15,1	15,7	16,2	17,1	17,7	18,3	18,8	19,1	20,1
6 HORAS	8,3	9,7	11,0	11,8	12,5	13,0	13,4	14,1	14,6	15,1	15,5	15,7	16,5
7 HORAS	7,0	8,3	9,3	10,0	10,6	11,0	11,3	11,9	12,4	12,8	13,2	13,3	14,0
8 HORAS	6,1	7,2	8,1	8,7	9,1	9,5	9,8	10,3	10,7	11,1	11,4	11,5	12,1
12 HORAS	7,5	8,7	9,7	10,4	10,9	11,3	11,6	12,2	12,6	13,0	13,3	13,5	14,1
14 HORAS	6,7	7,8	8,7	9,3	9,8	10,1	10,4	10,9	11,3	11,7	12,0	12,1	12,7
20 HORAS	5,2	6,1	6,8	7,3	7,6	7,9	8,1	8,5	8,8	9,1	9,3	9,4	9,9
24 HORAS	4,6	5,4	6,0	6,4	6,7	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,2	8,3	8,7

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	100
5 Minutos	10,0	11,8	13,3	14,3	15,0	15,6	16,1	17,0	17,7	18,2	18,7	19,0	20,0
10 Minutos	17,4	20,5	23,2	24,9	26,2	27,2	28,1	29,6	30,8	31,8	32,7	33,1	34,8
15 Minutos	23,1	27,2	30,7	33,0	34,7	36,1	37,3	39,3	40,8	42,2	43,3	43,9	46,1
20 Minutos	27,6	32,4	36,7	39,4	41,4	43,1	44,5	46,8	48,7	50,3	51,7	52,3	55,1
30 Minutos	34,0	40,0	45,2	48,6	51,1	53,2	54,9	57,8	60,1	62,1	63,8	64,6	68,0
45 Minutos	40,1	47,1	53,3	57,2	60,2	62,6	64,7	68,0	70,8	73,1	75,1	76,0	80,0
1 HORA	43,7	51,4	58,1	62,4	65,7	68,3	70,6	74,2	77,2	79,7	81,9	83,0	87,3
2 HORAS	49,4	58,1	65,6	70,5	74,2	77,2	79,7	83,9	87,2	90,1	92,6	93,7	98,6
3 HORAS	50,6	59,5	67,2	72,2	76,0	79,0	81,6	85,9	89,3	92,2	94,8	95,9	100,9
4 HORAS	50,6	59,5	67,2	72,2	76,0	79,0	81,6	85,9	89,3	92,3	94,8	96,0	101,0
5 HORAS	50,2	59,1	66,8	71,7	75,4	78,5	81,1	85,3	88,7	91,6	94,1	95,3	100,3
6 HORAS	49,7	58,5	66,1	71,0	74,7	77,7	80,3	84,4	87,8	90,7	93,2	94,4	99,3
7 HORAS	49,2	57,8	65,4	70,2	73,9	76,9	79,4	83,5	86,9	89,7	92,2	93,3	98,2
8 HORAS	48,7	57,2	64,7	69,5	73,1	76,0	78,5	82,6	85,9	88,7	91,2	92,3	97,1
12 HORAS	89,9	104,3	116,7	124,6	130,6	135,4	139,5	146,2	151,6	156,1	160,1	161,9	169,6
14 HORAS	94,2	109,3	122,3	130,6	136,8	141,9	146,2	153,2	158,8	163,6	167,7	169,6	177,7
20 HORAS	104,9	121,7	136,2	145,5	152,5	158,1	162,8	170,6	176,9	182,2	186,9	189,0	198,0
24 HORAS	110,8	128,6	144,0	153,8	161,1	167,1	172,1	180,3	187,0	192,6	197,5	199,7	209,2

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Maracajá, foi registrada uma chuva de 73 mm com duração de 45 minutos. 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 73 mm dividido por 45 minutos é igual a 97,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{97,3(45 + 35,0)^{1,1670}}{7861,8} \right]^{1/0,1767} = 59,6 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 59,6 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,7%, ou:

$$P(i \geq 97,3 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{59,6} 100 = 1,7\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=421040>. Acesso em fevereiro de 2017.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.

SANTA CATARINA. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente. *Codificação dos cursos d'água do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: SDS, 2003. 20 mapas.

WESCHENFELDER, A. B.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Urussanga. Estação pluviográfica Urussanga, código 02849011. Porto Alegre, RS: CPRM, 2013. 13p.

ANEXO I
Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximo por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)
1978	1978	21/03/78	86,6
1979	1979	15/12/79	69,0
1980	1980	03/12/80	121,2
1981	1981	07/06/81	106,3
1982	1982	28/06/82	72,4
1983	1983	13/06/83	136,0
1984	1984	03/03/84	140,2
1985	1985	15/02/85	146,4
1986	1986	10/10/86	119,3
1987	1987	26/10/87	63,6
1988	1988	13/09/88	86,6
1989	1989	20/03/89	142,6
1990	1990	25/12/90	125,9
1992	1992	28/05/92	70,8
1993	1993	03/07/93	83,0
1995	1995	25/02/95	68,2
1996	1996	20/01/96	60,0
1997	1997	21/08/97	70,0
1998	1998	11/12/98	91,0
1999	1999	02/04/99	80,0
2001	2001	01/10/01	115,0
2002	2002	14/12/02	75,0
2003	2003	20/02/03	80,3
2004	2004	28/03/04	94,2
2005	2005	09/08/05	63,0
2006	2006	20/11/06	75,0
2008	2008	04/05/08	74,0
2009	2009	03/01/09	108,0
2010	2010	12/05/10	100,0
2011	2011	21/07/11	80,0
2012	2012	14/01/12	80,0
2013	2013	10/08/13	90,0
2014	2014	14/02/14	140,0
2015	2015	11/05/15	93,0

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Weschenfelder *et al.* (2013) para o município de Urussanga/SC.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,86	0,73	0,59	0,48	0,42

Relação 45 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,93	0,53	0,22

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 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

www.cprm.gov.br



PAC