

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais
Município: Paraopeba
Estação Pluviométrica: Ponte da Taquara
Código: 01944031

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil



2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

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: Paraopeba/MG

Estação Pluviométrica: Ponte da Taquara
Código: 01944031

Eber José de Andrade Pinto



BELO HORIZONTE

2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO

Moreira Franco

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Félix Carvalho Bezerra

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

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Leandro Lima
Superintendente

Marlon Marques Coutinho
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcelo de Souza Marinho
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Júlio Murilo Martino Pinho
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Aline Alves Ferreira
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

Departamento de Hidrologia
Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial
Maria Adelaide Mansini Maia

Divisão de Hidrologia Aplicada
Adriana Dantas Medeiros
Achiles Monteiro (*In memorian*)

Divisão de Geologia Aplicada
Sandra Fernandes da Silva

Coordenação Executiva do DEHID
Projeto 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

Adriano da Silva Santos – SUREG/RE

Albert Teixeira Cardoso – SUREG /PA

Caluan Rodrigues Capozzoli – SUREG /SP

Catharina dos Prazeres Campos de Faria – 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 texto apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Paraopeba/MG onde foram utilizados os dados diários da estação pluviométrica Ponte da Taquara, código 01944031.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – EQUAÇÃO	01
3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO	04
4 – REFERÊNCIAS	04
ANEXO I	05
ANEXO II	06

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Paraopeba - MG.

O município de Paraopeba está localizado cerca de 100 km da cidade de Belo Horizonte, pertencendo a Região Metropolitana de Belo Horizonte. O município possui uma área aproximada de 625,623 km² e população estimada de 24.375 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

A estação Ponte da Taquara, código 01944031, está localizada no município de Paraopeba, na Latitude 19°25'24"S e Longitude 44°32'56"O, na altitude 624m; na sub-bacia 40 (bacia do alto rio São Francisco a montante da UHE de Três Marias). A estação conta um pluviômetro Ville de Paris instalado em 18 de setembro de 1973.

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

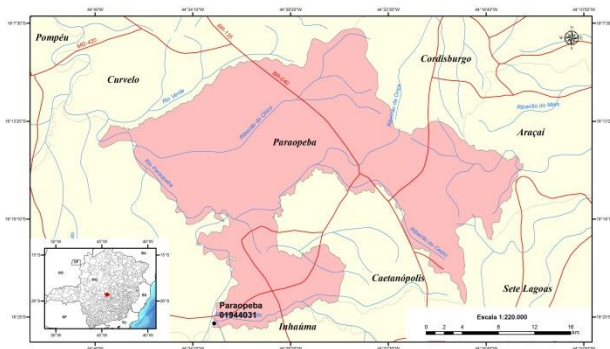


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

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 Ponte da Taquara, código 01944031, foi utilizada a série precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentadas no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a de Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L e também apresentados no Anexo I. As relações de desagregação de precipitações diárias empregadas estão apresentadas no Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

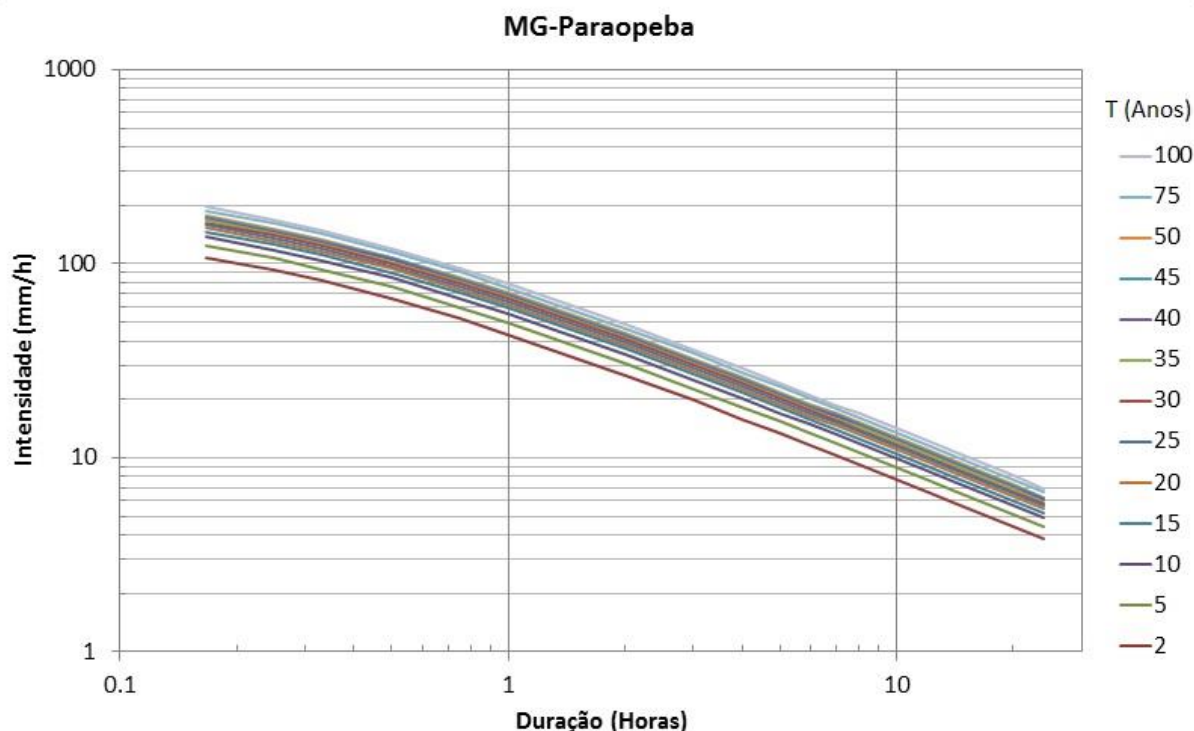


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 , e d são parâmetros da equação

No caso de Paraopeba, para durações de 10 minutos a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 1312,06; b = 0,1532; c = 14,40 \text{ e } d = 0,8162$$

$$i = \frac{1312,06T^{0,1532}}{(t+14,40)^{0,8162}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de 2 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	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	107,5	123,8	137,6	146,4	153	158,3	162,8	170,2	176,1	181,1	187,4	192,7	195,8
15 Minutos	92,4	106,3	118,2	125,8	131,4	136	139,9	146,2	151,2	155,5	160,9	165,5	168,2
20 Minutos	81,3	93,5	104	110,6	115,6	119,6	123	128,6	133	136,8	141,6	145,6	147,9
30 Minutos	66,0	75,9	84,4	89,8	93,9	97,1	99,9	104,4	108	111,1	114,9	118,2	120,1
45 Minutos	52,0	59,9	66,6	70,8	74	76,6	78,8	82,3	85,2	87,6	90,6	93,2	94,7
1 HORA	43,3	49,8	55,4	58,9	61,6	63,7	65,5	68,5	70,9	72,9	75,4	77,6	78,8
2 HORAS	26,7	30,7	34,2	36,4	38	39,3	40,5	42,3	43,7	45,0	46,5	47,9	48,6
3 HORAS	19,8	22,7	25,3	26,9	28,1	29,1	29,9	31,3	32,4	33,3	34,4	35,4	36
4 HORAS	15,9	18,3	20,3	21,6	22,6	23,4	24,0	25,1	26,0	26,7	27,7	28,4	28,9
5 HORAS	13,4	15,4	17,1	18,2	19,0	19,7	20,2	21,1	21,9	22,5	23,3	23,9	24,3
6 HORAS	11,6	13,3	14,8	15,8	16,5	17,0	17,5	18,3	19,0	19,5	20,2	20,7	21,1
7 HORAS	10,3	11,8	13,1	14	14,6	15,1	15,5	16,2	16,8	17,3	17,9	18,4	18,7
8 HORAS	9,2	10,6	11,8	12,6	13,1	13,6	14	14,6	15,1	15,5	16,1	16,5	16,8
12 HORAS	6,7	7,7	8,5	9,1	9,5	9,8	10,1	10,6	10,9	11,2	11,6	12	12,2
14 HORAS	5,9	6,8	7,6	8,0	8,4	8,7	8,9	9,3	9,7	9,9	10,3	10,6	10,7
20 HORAS	4,4	5,1	5,7	6,0	6,3	6,5	6,7	7,0	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1
24 HORAS	3,8	4,4	4,9	5,2	5,4	5,6	5,8	6,1	6,3	6,4	6,7	6,9	7,0

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	17,9	20,6	22,9	24,4	25,5	26,4	27,1	28,4	29,3	30,2	31,2	32,1	32,6
15 Minutos	23,1	26,6	29,5	31,4	32,9	34,0	35,0	36,5	37,8	38,9	40,2	41,4	42
20 Minutos	27,1	31,2	34,7	36,9	38,5	39,9	41,0	42,9	44,3	45,6	47,2	48,5	49,3
30 Minutos	33,0	38,0	42,2	44,9	46,9	48,6	49,9	52,2	54	55,5	57,5	59,1	60,1
45 Minutos	39,0	44,9	49,9	53,1	55,5	57,5	59,1	61,7	63,9	65,7	68	69,9	71,0
1 HORA	43,3	49,8	55,4	58,9	61,6	63,7	65,5	68,5	70,9	72,9	75,4	77,6	78,8
2 HORAS	53,4	61,5	68,4	72,8	76,0	78,7	80,9	84,5	87,5	90	93,1	95,7	97,3
3 HORAS	59,3	68,2	75,9	80,7	84,4	87,3	89,8	93,8	97,1	99,8	103,3	106,2	108
4 HORAS	63,5	73,1	81,2	86,4	90,3	93,5	96,1	100,4	103,9	106,9	110,6	113,7	115,6
5 HORAS	66,8	76,8	85,4	90,9	95	98,3	101,1	105,6	109,3	112,4	116,3	119,6	121,5
6 HORAS	69,5	79,9	88,9	94,6	98,8	102,3	105,2	109,9	113,7	117,0	121,0	124,5	126,5
7 HORAS	71,8	82,6	91,9	97,7	102,1	105,7	108,7	113,6	117,5	120,9	125,1	128,6	130,7
8 HORAS	73,8	84,9	94,5	100,5	105	108,7	111,8	116,8	120,9	124,3	128,6	132,2	134,4
12 HORAS	80,2	92,2	102,6	109,1	114,1	118	121,4	126,8	131,3	135	139,7	143,6	146
14 HORAS	82,7	95,1	105,8	112,5	117,6	121,7	125,1	130,8	135,3	139,2	144,0	148,1	150,5
20 HORAS	88,6	102	113,4	120,7	126,1	130,5	134,2	140,2	145,1	149,2	154,4	158,8	161,4
24 HORAS	91,8	105,6	117,5	125,0	130,6	135,1	139,0	145,2	150,3	154,5	159,9	164,4	167,1

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Paraopeba, foi registrada uma Chuva de 60 mm com duração de 30 minutos. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: *Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 02. 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, 60 mm dividido por 30 minutos é igual a 120 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$a = 1312,06; b = 0,1532; c = 14,40 \text{ e } d = 0,8162$$

$$T = \left[\frac{120(30+14,40)^{0,8162}}{1312,06} \right]^{1/0,1532} = 99,5 \text{ anos}$$

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

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{99,5} 100 = 1,0\%$$

4 – REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas - ANA. Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). *Base de dados*. Disponível em: <http://www2.snirh.gov.br/home/>. Acesso em: 25 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Cidades: Paraopeba*. Brasília, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/paraopeba/panorama>. Acesso em: 25 set. 2018.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

PINTO, E. J. A. *Caracterização Pluviométrica da Bacia do Alto São Francisco; Sub-Bacia 40 / Equação Intensidade-Duração-Freqüência*. Brasília: ANEEL/CPRM, 1999.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações intensidade-duração-freqüência do Projeto Atlas Pluviométrico*. Belo Horizonte: CPRM, 2013.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados– Altura de Chuva diária (mm) Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

N	AI	AF	Precipitação Máxima Diária (mm)	N	AI	AF	Precipitação Máxima Diária (mm)
1	1973	1974	103,8	15	1987	1988	75,0
2	1974	1975	71,2	16	1988	1989	50,8
3	1975	1976	76,0	17	1989	1990	78,5
4	1976	1977	89,4	18	1990	1991	65,0
5	1977	1978	105,8	19	1993	1994	75,1
6	1978	1979	119,4	20	1994	1995	93,0
7	1979	1980	90,4	21	1996	1997	89,8
8	1980	1981	57,2	22	1997	1998	71,2
9	1981	1982	83,8	23	1998	1999	70,5
10	1982	1983	43,4	24	1999	2000	74,7
11	1983	1984	75,6	25	2000	2001	116,2
12	1984	1985	94,0	26	2001	2002	49,5
13	1985	1986	54,8	27	2002	2003	58,7
14	1986	1987	65,3	28	2004	2005	38,0

Estadísticas da Série

Média mm	Desvio-Padrão mm	Máximo mm	Mínimo mm	Amplitude mm	Assimetria	Mediana mm	1º Quartil mm	3º Quartil mm	AIQ mm
76,3	20,8	119,4	38,0	81,4	0,2	75,005	63,425	89,95	26,525

Momentos-L e Razões-L

l_1	l_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
76,2864	11,9571	0,1567	0,0504	0,1392

Função Acumulada de Probabilidade de Gumbel para Máximos (β e α são parâmetros da distribuição de Gumbel e T é o tempo de retorno em anos)

$$F_x(x) = 1 - \frac{1}{T} = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \text{ para } -\infty < x < \infty, -\infty < \beta < \infty, \alpha > 0$$

$$\text{Inversa da distribuição de Gumbel: } x(T) = \beta - \alpha \left\{ \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right] \right\}$$

Parâmetros da Distribuição de Gumbel

Fonte: Naghettini e Pinto, Hidrologia Estatística, 2007, pág. 234

$$\alpha = \frac{l_2}{\ln(2)} \quad \beta = l_1 - 0,5772\alpha$$

Distribuição	Posição (β)	Escala (α)
Gumbel (β, α)	66,33	17,250

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pinto (1999) para a estação de Papagaios, código 01944049.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,89	0,79	0,68	0,64	0,58	0,49

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1 h	Relação 10 min/1 h
0,87	0,71	0,50	0,40

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 Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Avenida Brasil, 1731 - Bairro Funcionários
Belo Horizonte- MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0306 - 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

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br



PAC