

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Ceará

Município: Forquilha

Estação Pluviográfica: Fazenda Pocinhos

Código ANA: 00340036

Código SUDENE: 2779769

 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**

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

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA**

**Município: Forquilha/CE**

**Estação Pluviográfica: Fazenda Pocinhos,  
Códigos: SUDENE 2779769/ ANA 00340036**

**José Alexandre Moreira Farias  
Eber José de Andrade Pinto**

**FORTALEZA, CE  
2013**

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

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

Copyright @ 2013 CPRM - Residência de Fortaleza  
Av. Antônio Sales 1418 – Joaquim Távora  
Fortaleza - CE - 60.135-101  
Telefone: 0(85)3878-0226  
Fax: 0(85) 3878-0240  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.  
Município: Forquilha/CE. Estação Pluviográfica: Fazenda Pocinhos, Códigos  
SUDENE 2779769/ ANA 00340036. José Alexandre Moreira Farias; Eber José de  
Andrade Pinto. Fortaleza, CE: CPRM, 2013.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - FARIAS, J. A. M.;  
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 FORTALEZA**

*Darlan Filgueira Maciel*  
**Chefe da Residência**

*Jaime Quintas dos Santos Colares*  
**Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*José Adilson Dias Cavalcanti*  
**Assistente de Geologia e Recursos Minerais**

*Francisco Edson Mendonça Gomes*  
**Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Francisco de Assis Vasconcelos*  
**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

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Merês Furtunato - Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

## **Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

### **Apoio Técnico**

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel - REFO

Eliane Cristina Godoy Moreira-Sureg/SP

Jennifer Laís Assano -Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira-Sureg/SP

Fabiana Ferreira Cordeiro-Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso -Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

### **Estagiários de Hidrologia**

Carolina Macalos – Sureg/PA

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior-Sureg/MA

Diovana Dausg 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

Taciana dos Santos Lima–RETE

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.

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 apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Forquilha/CE onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Fazenda Pocinhos, códigos SUDENE 2779769/ ANA 00340036.

## 1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Forquilha está localizado no Estado do Ceará, na mesorregião do Noroeste Cearense e microrregião de Sobral, na Latitude  $03^{\circ}47'52''S$  e Longitude  $40^{\circ}15'39''W$ , a 208 km de Fortaleza/CE. O município possui área de 517,0 km<sup>2</sup>, apresenta uma população estimada em 21.786 (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 100 m.

A estação de Fazenda Pocinhos, códigos SUDENE 2779769/ANA 00340036, ficava localizada na Latitude  $03^{\circ}53'00'' S$  e Longitude  $40^{\circ}10'00'' W$ , no município de Forquilha, e já não se encontra mais em operação. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos pluviogramas de um pluviógrafo Curvo. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



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

## 2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Fazenda Pocinhos, código SUDENE 2779769/ ANA 00340036, foram utilizadas séries de duração parcial e os dados utilizados constam do Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Poisson-Logística.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

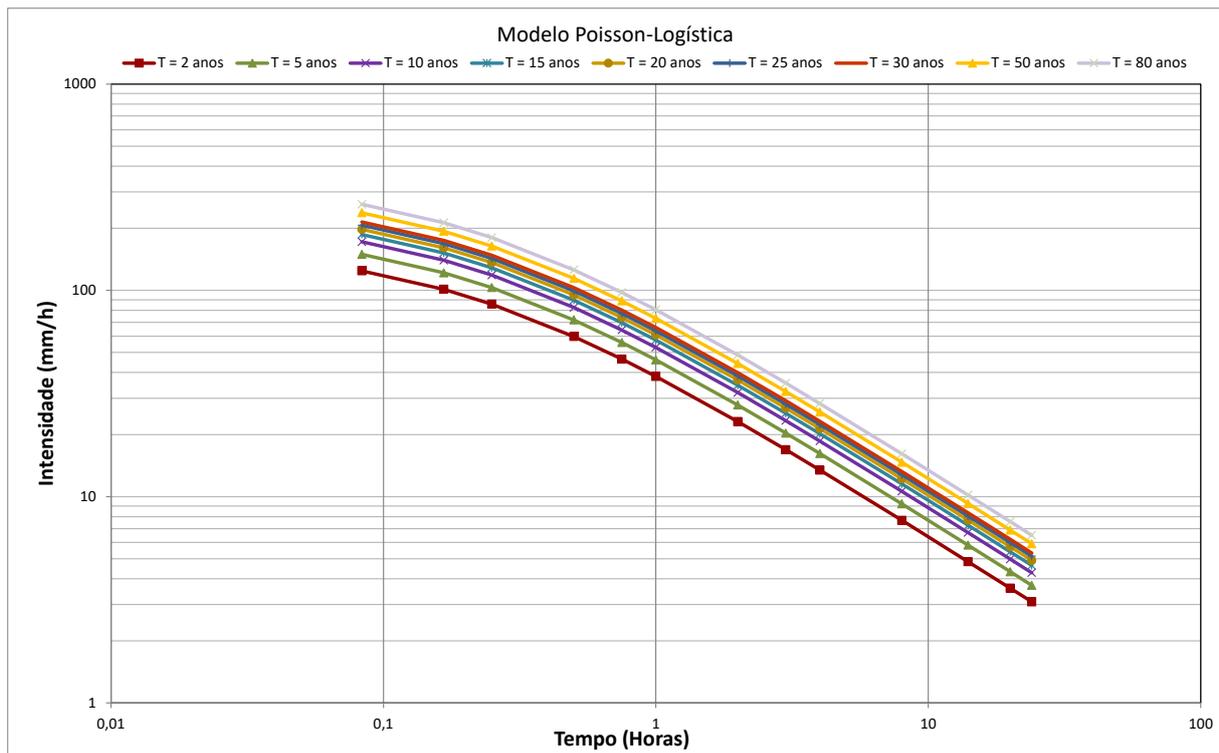


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Fazenda Pocinhos, para durações de 5 minutos a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 1229,7 ; b = 0,2015 ; c = 13 \text{ e } d = 0,8413 ;$$

$$i = \frac{1229,7T^{0,2015}}{(t+13)^{0,8413}} \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 80 anos.

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Forquilha, foi registrada uma Chuva de 45mm 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, 45mm dividido por 0,25 h é igual a 180 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:*

$$T = \left[ \frac{180(15 + 13)^{0,84137}}{1229,7} \right]^{1/0,2015} = 79,5 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 79,5 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,26%, ou*

$$P(i \geq 180\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{79,5} 100 = 1,26\%$$

*O tempo de retorno do evento ocorrido, 79,5 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem de Forquilha, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.*

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Google Earth, *Estação pluviográfica de Fazenda Pocinhos*. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em agosto de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=230435&search=ceara|forquilha>. Acesso em agosto de 2013.

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

WIKIPEDIA, 2013. Ficheiro – Ceará - Município de Forquilha. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Forquilha\\_%28Cear%C3%A1%29](http://pt.wikipedia.org/wiki/Forquilha_%28Cear%C3%A1%29). Acesso em: agosto de 2013.



DATA	2 HORAS	DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	24 HORAS
02/03/1971	62,5	02/03/1971	62,9	02/03/1971	64,0	02/03/1971	64,2	04/05/1971	63,1	01/03/1971	64,2
05/05/1971	41,0	04/05/1971	47,2	04/05/1971	55,6	04/05/1971	62,8	05/05/1971	52,7	04/05/1971	63,1
04/06/1971	46,4	05/05/1971	49,5	05/05/1971	51,5	05/05/1971	52,4	11/02/1972	52,0	11/02/1972	61,1
11/02/1972	50,7	04/06/1971	47,0	04/06/1971	47,5	04/06/1971	47,6	19/12/1972	65,5	25/02/1973	67,4
25/04/1972	36,6	11/02/1972	51,3	11/02/1972	51,9	11/02/1972	52,0	25/02/1973	65,2	21/02/1974	80,0
19/12/1972	53,6	19/12/1972	55,2	19/12/1972	55,2	25/04/1972	45,0	17/01/1974	50,4	07/04/1974	73,9
24/01/1973	45,6	24/01/1973	45,6	24/01/1973	45,6	19/12/1972	61,3	21/02/1974	59,0	10/04/1974	59,2
25/02/1973	37,1	25/02/1973	43,3	25/02/1973	48,0	24/01/1973	45,6	02/04/1974	52,4	29/04/1974	68,3
01/02/1974	37,2	17/01/1974	39,2	17/01/1974	41,5	25/02/1973	58,0	10/04/1974	49,3	29/05/1974	76,3
21/02/1974	56,5	01/02/1974	38,0	21/02/1974	58,9	17/01/1974	49,8	29/04/1974	61,0	09/02/1975	67,3
02/04/1974	38,0	21/02/1974	58,4	02/04/1974	46,5	21/02/1974	59,0	30/04/1974	57,4	16/01/1978	60,0
10/04/1974	45,8	10/04/1974	48,1	10/04/1974	48,5	02/04/1974	52,2	10/02/1975	67,3	11/02/1978	120,4
16/05/1974	39,2	16/05/1974	40,4	16/05/1974	41,4	10/04/1974	49,3	03/04/1977	55,7	09/03/1978	118,4
30/05/1974	37,2	30/05/1974	42,0	30/05/1974	43,5	29/04/1974	61,0	16/01/1978	60,0	21/04/1978	73,6
10/02/1975	45,4	10/02/1975	60,5	10/02/1975	63,2	30/04/1974	46,9	09/03/1978	118,4	13/03/1981	74,0
23/02/1975	35,7	03/04/1977	48,4	03/04/1977	55,3	10/02/1975	67,3	21/04/1978	54,2	23/03/1981	66,6
11/03/1975	36,1	16/01/1978	39,3	16/01/1978	51,8	03/04/1977	55,7	13/03/1981	57,3	27/03/1981	77,9
11/02/1978	51,8	11/02/1978	67,3	11/02/1978	84,3	16/01/1978	60,0	23/03/1981	56,2	13/03/1985	60,6
09/03/1978	72,1	09/03/1978	78,0	09/03/1978	89,6	11/02/1978	101,9	28/03/1981	77,9	02/04/1985	94,6
21/04/1978	42,9	21/04/1978	51,2	09/04/1978	47,0	09/04/1978	54,9	02/04/1985	55,7	04/04/1985	85,7
12/03/1981	39,7	12/03/1981	42,1	21/04/1978	53,3	21/04/1978	54,2	05/04/1985	80,8	20/04/1985	105,0
02/04/1981	40,7	02/04/1981	40,8	12/03/1981	44,2	12/03/1981	45,7	07/04/1985	47,8	31/01/1986	86,6
03/04/1984	40,4	03/04/1984	41,4	13/03/1981	43,3	13/03/1981	45,9	21/04/1985	77,2	14/04/1988	73,7
14/03/1985	37,1	18/01/1985	39,4	02/04/1981	40,8	23/03/1981	53,1	31/01/1986	82,3	10/05/1988	77,2
05/04/1985	76,8	14/03/1985	38,6	03/04/1984	42,7	28/03/1981	50,7	14/04/1988	71,1	13/01/1989	60,0
07/04/1985	43,2	05/04/1985	88,6	18/01/1985	40,7	05/04/1985	80,8	10/05/1988	77,2	22/12/1989	101,2
21/04/1985	71,9	07/04/1985	47,2	14/03/1985	40,4	07/04/1985	47,8	14/01/1989	56,9	18/01/1990	60,8
31/01/1986	48,3	21/04/1985	73,8	05/04/1985	80,5	21/04/1985	77,2	16/03/1989	49,3		
15/04/1988	49,6	31/01/1986	59,4	07/04/1985	47,8	31/01/1986	70,9	22/12/1989	101,2		
14/01/1989	55,4	15/04/1988	61,3	21/04/1985	76,5	14/04/1988	64,6	18/01/1990	59,7		
09/03/1989	43,1	10/05/1988	39,7	31/01/1986	65,6	10/05/1988	73,9	18/04/1991	53,1		
08/05/1989	41,5	14/01/1989	56,0	15/04/1988	63,1	14/01/1989	56,9				
22/12/1989	53,9	09/03/1989	43,4	10/05/1988	46,8	22/12/1989	98,5				
18/01/1990	39,9	08/05/1989	41,5	14/01/1989	56,4	18/01/1990	57,0				
30/04/1990	40,1	22/12/1989	61,1	09/03/1989	43,4	30/04/1990	45,9				
03/01/1991	37,1	18/01/1990	44,1	08/05/1989	41,5	23/02/1991	46,7				
23/02/1991	45,3	30/04/1990	40,7	22/12/1989	68,0	18/04/1991	53,1				
18/04/1991	46,7	23/02/1991	45,8	18/01/1990	46,9						
		18/04/1991	48,0	30/04/1990	44,2						
				23/02/1991	46,0						
				18/04/1991	48,7						

# 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 Fortaleza

Av. Antônio Sales, 1.418 - Joaquim Tavora  
Fortaleza - CE - CEP: 60135-101  
Tel.: 85 3787-0200 - Fax: 85 3878-0240

### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

[www.cprm.gov.br](http://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