

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: São Paulo

Município: Cajati

Estação Pluviográfica: Faxinal

Código ANA: 02448029

Código DAEE: F5-034R

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2014

**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: Cajati

Estação Pluviográfica: FAXINAL

Código DAEE F5-034R e Código ANA 02448029

**Belo Horizonte
2014**

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
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: (31) 3878-0337
Fax: (31) 3878-0322
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Cajati. Estação Pluviográfica: Faxinal, Código DAEE F5-034R e Código
ANA 02448029. Eber José de Andrade Pinto – Belo Horizonte: CPRM, 2014.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – 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

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Marco Antônio Fonseca

Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Márcio Antônio da Silva

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Araújo Vieira

Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cléria Sebastiana Vieira

Gerente 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

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Merês Furtunato - Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento - Sureg/BH

Apoio Técnico

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

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Carolina Macalos – Sureg/PA

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior - Sureg/MA

Diovana Daus 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 Gestão Estratégica da Geologia, 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, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Cajati onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Faxinal, código DAEE F5-034R e código ANA 02448029.

1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Cajati está localizado na Região do Litoral Paulista, o município faz divisa com os municípios: Eldorado, Jacupiranga e Barra do Turvo. O município possui área de 454.436 Km² e localiza-se na Latitude 24°44'09"S e Longitude 48°07'22"O. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 28.372 habitantes.

A estação de Faxinal, código DAEE F5-034R (ANA 02448029), está localizada na Latitude 24° 53' S e Longitude 48° 18' W, a uma altitude de 840m (Informações do inventário da ANA). Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo, a partir do site do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

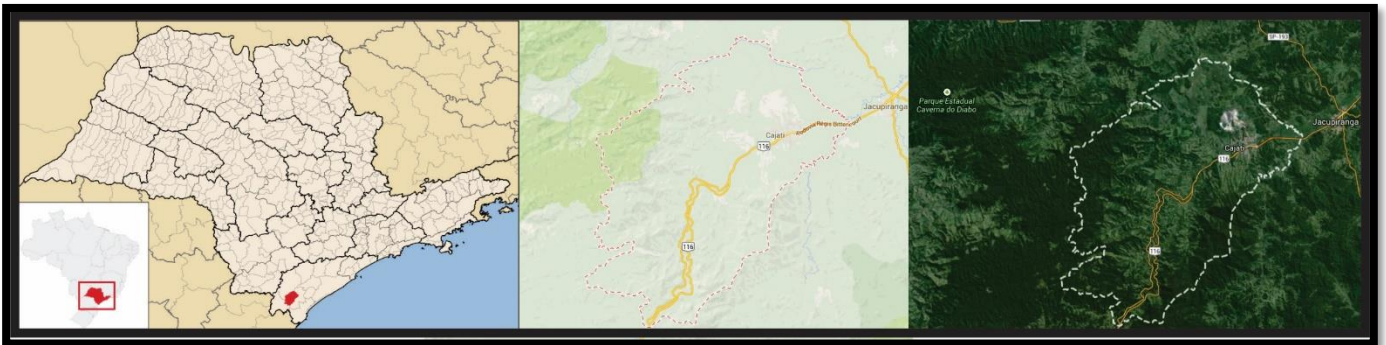


Figura 01 – Localização do Município (Fonte: Google Earth, Live Search Maps e Wikipedia, 2014)

2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Faxinal, código 02448029 (DAEE F5-034R), foram analisadas séries de duração parcial e os dados utilizados constam do Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

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

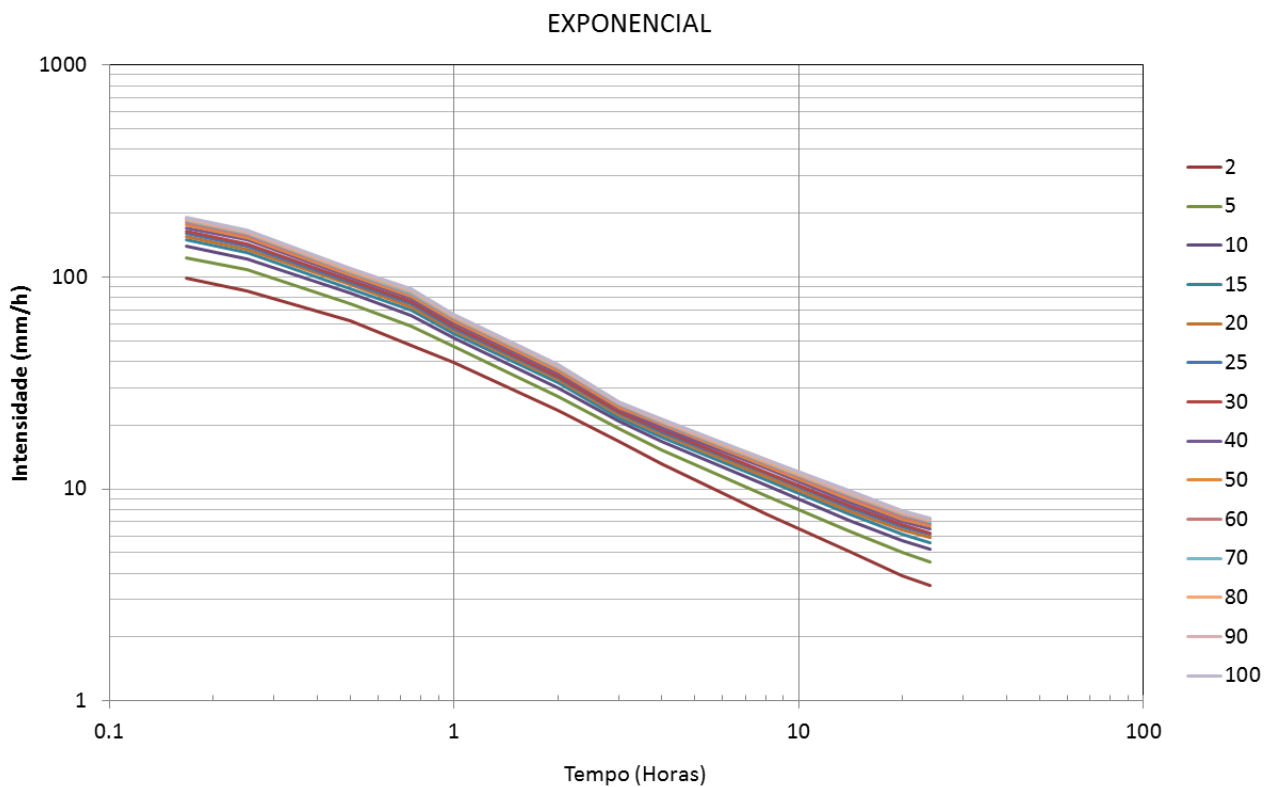


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

No caso de Cajati foram definidas 2 equações. A primeira equação para durações de 10 minutos a 4 horas, onde os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 2370; b = 0,1259; c = 15,8$ e $d = 0,9513$;

$$i = \frac{2370T^{0,1259}}{(t+15,8)^{0,9513}} \quad (02)$$

A segunda equação é válida para durações de 4 horas a 24 horas.

$a = 378,18; b = 0,1259; c = 0$ e $d = 0,6275$;

$$i = \frac{378,18T^{0,1259}}{(t)^{0,6275}} \quad (03)$$

Estas equações são válidas para tempo de retorno até 100 anos.

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Cajati, foi registrada uma Chuva de 37mm 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 01.*

Dessa forma temos:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 37 mm dividido por 0,5 h é igual a 74 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{74 (30 + 15,8)^{0,9513}}{2370} \right]^{1/0,1259} = 3,9 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 3,9 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 25,6%, ou

$$P(i \geq 74\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{3,9} 100 = 25,6\%$$

Este exemplo mostra que as precipitações de 37 mm e duração de 30 minutos são frequentes no município.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Fevereiro de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350925&search=sao-paulo|cajati> Acesso em: Fevereiro de 2014.

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

SIGHR – Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plug?qwe=qwe>. Acesso em: junho de 2013.

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/home/>. Acesso em: junho de 2013.

WIKIPEDIA, 2013. Ficheiro – São Paulo - Município de Campo Limpo Paulista. Disponível em: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/SaoPaulo_Municip_CampoLimpoPaulista.svg. Acesso em: junho de 2013.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados por Duração – Altura de Chuva (mm)

DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA	DATA	2 HORAS
18-fev-96	21,1	18-fev-96	32,9	14-fev-79	35,8	14-fev-79	43,6	14-fev-79	45,3	04-jan-79	58,1
16-jan-96	18,3	16-jan-96	25,3	11-mar-79	37,5	11-mar-79	38,3	11-mar-79	41	14-fev-79	45,8
03-dez-95	17,3	03-dez-95	24	11-dez-80	28,7	18-fev-80	31,2	05-jan-81	39,8	11-mar-79	49,1
05-mar-95	28,3	05-mar-95	31,1	20-jan-81	38,5	05-jan-81	34,2	20-jan-81	51,5	20-jan-81	51,6
02-mar-95	15,9	02-mar-95	22,4	12-jan-82	30,8	20-jan-81	46,5	12-jan-82	36	26-out-82	42,5
29-jan-95	26,2	29-jan-95	32,91	16-dez-82	41,3	12-jan-82	35,6	26-out-82	42,1	16-dez-82	60,8
06-jan-95	16,6	06-jan-95	24,9	10-fev-84	39	26-out-82	39,1	16-dez-82	46	10-fev-84	52
02-fev-94	20,7	02-fev-94	25,9	23-jan-86	38,4	16-dez-82	44,3	10-fev-84	52	07-dez-84	48,6
17-fev-87	16,4	09-dez-91	20	23-fev-86	30,01	10-fev-84	50,4	07-dez-84	37,4	05-mar-85	46,8
09-jan-87	16,2	12-out-90	19,8	09-jan-87	40,6	23-jan-86	42	05-mar-85	40,6	23-jan-86	48,5
23-jan-86	15,6	20-mar-89	20,01	20-mar-89	31,3	09-jan-87	44,8	23-jan-86	44,2	09-jan-87	51
10-fev-84	20	17-fev-87	19,9	12-out-90	30,31	20-mar-89	34,6	09-jan-87	48,6	20-fev-89	44
20-nov-83	18,8	09-jan-87	24,01	18-mar-91	30	12-out-90	37,3	20-mar-89	38,1	20-mar-89	49,8
16-dez-82	19,9	23-jan-86	22,6	02-fev-94	30,3	18-mar-91	39,5	12-out-90	38,9	18-mar-91	65,9
13-dez-81	19,2	10-fev-84	25	06-jan-95	44	06-jan-95	52,4	18-mar-91	47,3	06-jan-95	59,8
11-dez-80	16,21	16-dez-82	27,7	05-mar-95	31,1	29-jan-95	44,5	06-jan-95	55	29-jan-95	47,7
18-fev-80	15,5	13-dez-81	22,61	03-dez-95	32,2	05-mar-95	31,1	29-jan-95	44,8	02-mar-95	59,1
11-mar-79	18,9	18-fev-80	20,3	16-jan-96	29,5	03-dez-95	34,4	03-dez-95	36,5	18-fev-96	47,6
28-nov-78	16,1	11-mar-79	26,7	18-fev-96	40,4	18-fev-96	41,6	18-fev-96	42,8	10-jan-97	45,7

DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	20 HORAS	DATA	24 HORAS
04-jan-79	61,51	04-jan-79	65,8	27-dez-78	59,3	05-nov-78	70,8	05-nov-78	87,1	05-nov-78	88,82
11-mar-79	49,3	14-mar-79	53,8	04-jan-79	68,8	04-jan-79	68,8	26-dez-78	77,6	26-dez-78	86,7
14-mar-79	49,1	30-out-79	55,6	13-mar-79	80,3	13-jan-79	66,8	13-jan-79	70,8	13-mar-79	109,7
30-out-79	51,8	05-jan-81	51,9	30-out-79	63,9	13-mar-79	98,6	13-mar-79	101,5	19-fev-80	89,9
20-jan-81	51,6	20-jan-81	51,6	05-jan-81	60,6	19-fev-80	76,3	19-fev-80	87,5	12-jan-81	81,3
16-dez-82	61,5	16-dez-82	61,9	16-dez-82	97,2	05-jan-81	67,2	12-jan-81	80,7	16-dez-82	100
10-fev-84	52	07-fev-84	50	20-mai-83	58,9	12-jan-81	71	28-mar-81	74,1	18-set-83	86
07-dez-84	49,3	10-fev-84	52	19-set-83	61,5	16-dez-82	100	16-dez-82	100	22-jan-84	92,4
23-jan-86	49,7	07-dez-84	54,5	07-fev-84	61,6	19-set-83	77	18-set-83	78,6	09-fev-84	81,8
09-jan-87	51	23-jan-86	49,9	07-dez-84	70,5	23-jan-84	74,4	22-jan-84	92,3	07-dez-84	81
20-fev-89	53,8	09-jan-87	51	15-jan-88	58,1	07-dez-84	80	07-dez-84	80	22-jan-86	90,2
20-mar-89	60	20-fev-89	54,1	20-mar-89	84	12-fev-86	66,7	21-fev-86	70,9	20-fev-86	77,6
18-mar-91	65,9	20-mar-89	76,4	18-mar-91	65,9	20-mar-89	84	20-mar-89	84	20-mar-89	84
06-jan-95	62,2	18-mar-91	65,9	07-mar-94	84,6	07-mar-94	112,1	07-mar-94	124,4	07-mar-94	129,5
29-jan-95	47,7	07-mar-94	51,7	06-jan-95	75,1	06-jan-95	96,2	06-jan-95	116,4	06-jan-95	133,3
02-mar-95	59,1	06-jan-95	62,2	02-mar-95	59,1	28-dez-95	101,6	28-dez-95	127,1	28-dez-95	139,9
26-dez-95	55,9	02-mar-95	59,1	26-dez-95	65,3	09-jan-97	77,6	09-jan-97	98,3	09-jan-97	131,5
18-fev-96	47,6	26-dez-95	65,2	10-jan-97	60,5	20-jan-97	76,4	20-jan-97	83,6	20-jan-97	88,4
10-jan-97	53,5	10-jan-97	57,3	20-jan-97	64	22-jan-97	67,5	22-jan-97	86	22-jan-97	95,7

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

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0307 - 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

