

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais  
Município: Arcos  
Estação Pluviométrica: Arcos  
Código: 02045010

 **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: Arcos/MG**

**Estação Pluviométrica: Arcos**  
**Código: 02045010**

**Eber José de Andrade Pinto**



**BELO HORIZONTE**

**2018**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE  
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL  
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

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

Copyright © 2018 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte  
Avenida Brasil, 1731 - Bairro Funcionários  
Belo Horizonte- MG – 30.140-002  
Telefone: 0(xx)(31) 3878-0306  
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

P659 Pinto, Eber José de Andrade  
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência; município: Arcos; Estação Pluviométrica: Arcos, Código 02045010 / Eber José de Andrade Pinto. – Belo Horizonte: CPRM, 2018.  
12 p.; anexos  
  
Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade  
  
ISBN 978-85-7499-497-0  
  
1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF. I. Título  
  
CDD 551.570981  
CDU 556.5(81)

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Lúcia B. F. Coelho (CRB 10/840)

**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**

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 Silva do 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 estudo apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Arcos/MG onde foram utilizados os dados diários da estação pluviométrica Arcos, código 02045010.

## 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 Arcos - MG.

O município de Arcos está localizado cerca de 210 km da cidade de Belo Horizonte, pertencendo a Região Oeste de Minas. O município possui uma área aproximada de 509,873 km<sup>2</sup> e população estimada de 39.793 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

A estação Arcos, código 02045010, está localizada no município de mesmo nome, na Latitude 20°18'06"S e Longitude 45°32'24"O, na altitude 791m; na sub-bacia 40 (bacia do alto rio São Francisco a montante da UHE de Três Marias). A estação conta com um pluviômetro Ville de Paris instalado em 15 de outubro de 1974.

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

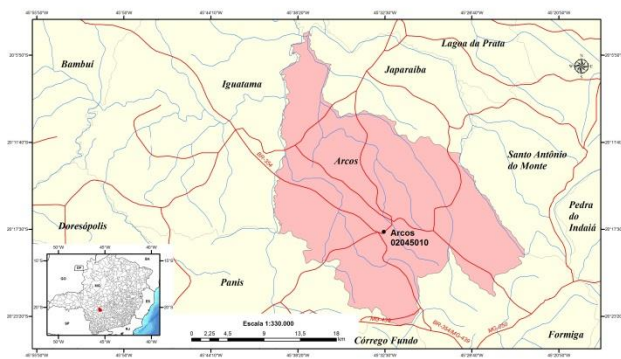


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

## 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 Arcos, código 02045010, 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 apresentados no Anexo I. As relações de desagregação de precipitações diárias empregadas estão apresentadas no Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



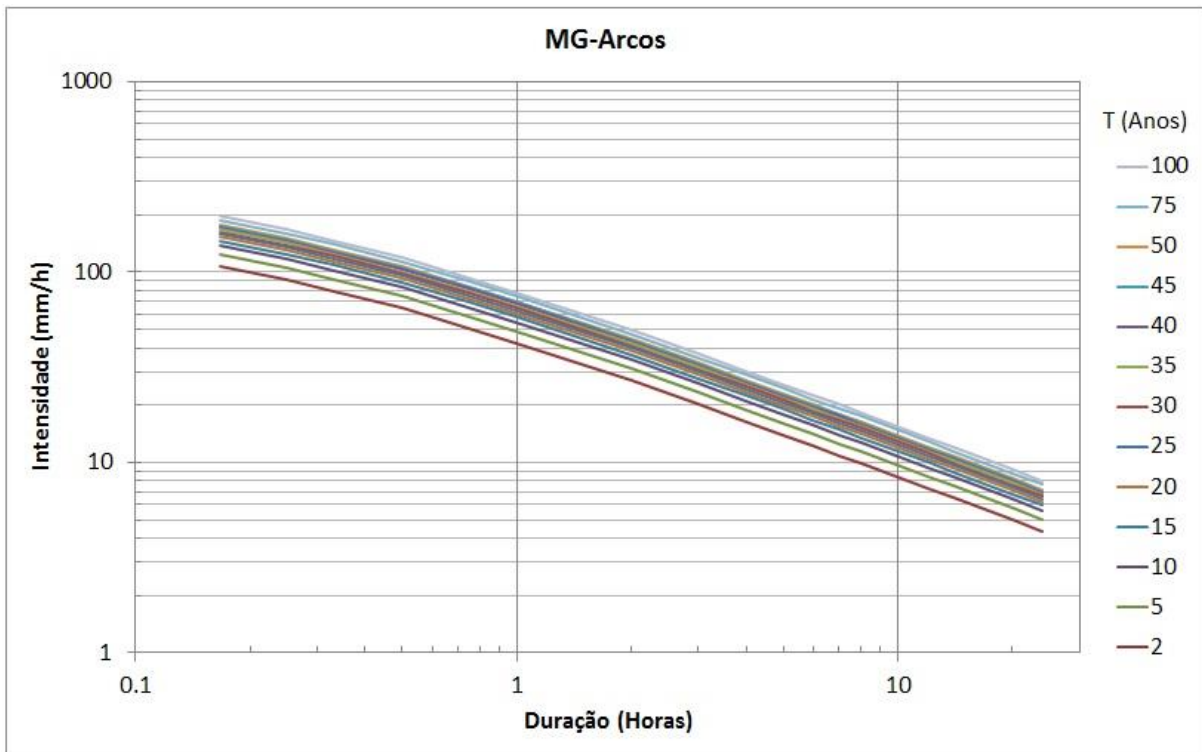


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Arcos, para durações de 10 minutos a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 956,27; b = 0,1560; c = 11,09 \text{ e } d = 0,7552$$

$$i = \frac{956,27T^{0,1560}}{(t+11,06)^{0,7552}} \quad (02)$$

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	106,6	122,9	137	145,9	152,6	158	162,6	170	176,1	181,1	187,6	193	196,2
15 Minutos	90,7	104,7	116,6	124,3	130	134,6	138,4	144,8	149,9	154,3	159,7	164,3	167,1
20 Minutos	79,5	91,7	102,2	108,8	113,8	117,9	121,3	126,8	131,3	135,1	139,9	143,9	146,3
30 Minutos	64,4	74,3	82,8	88,2	92,2	95,5	98,2	102,8	106,4	109,5	113,3	116,6	118,5
45 Minutos	50,9	58,7	65,4	69,7	72,9	75,5	77,7	81,2	84,1	86,5	89,6	92,2	93,7
1 HORA	42,6	49,1	54,7	58,3	61,0	63,1	64,9	67,9	70,3	72,4	74,9	77,1	78,4
2 HORAS	26,8	30,9	34,5	36,7	38,4	39,8	40,9	42,8	44,3	45,6	47,2	48,6	49,4
3 HORAS	20,2	23,3	25,9	27,6	28,9	29,9	30,8	32,2	33,3	34,3	35,5	36,5	37,1
4 HORAS	16,4	18,9	21,1	22,5	23,5	24,3	25	26,2	27,1	27,9	28,9	29,7	30,2
5 HORAS	14,0	16,1	17,9	19,1	20,0	20,7	21,3	22,3	23,1	23,7	24,6	25,3	25,7
6 HORAS	12,2	14,1	15,7	16,7	17,5	18,1	18,6	19,5	20,2	20,8	21,5	22,1	22,5
7 HORAS	10,9	12,6	14	14,9	15,6	16,2	16,6	17,4	18	18,5	19,2	19,8	20,1
8 HORAS	9,9	11,4	12,7	13,5	14,2	14,7	15,1	15,8	16,3	16,8	17,4	17,9	18,2
12 HORAS	7,3	8,4	9,4	10,0	10,5	10,9	11,2	11,7	12,1	12,4	12,9	13,3	13,5
14 HORAS	6,5	7,5	8,4	8,9	9,3	9,7	10,0	10,4	10,8	11,1	11,5	11,8	12,0
20 HORAS	5,0	5,8	6,4	6,8	7,2	7,4	7,6	8,0	8,3	8,5	8,8	9,1	9,2
24 HORAS	4,4	5,0	5,6	6,0	6,2	6,5	6,7	7,0	7,2	7,4	7,7	7,9	8,0

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	17,8	20,5	22,8	24,3	25,4	26,3	27,1	28,3	29,3	30,2	31,3	32,2	32,7
15 Minutos	22,7	26,2	29,2	31,1	32,5	33,6	34,6	36,2	37,5	38,6	39,9	41,1	41,8
20 Minutos	26,5	30,6	34,1	36,3	37,9	39,3	40,4	42,3	43,8	45,0	46,6	48,0	48,8
30 Minutos	32,2	37,1	41,4	44,1	46,1	47,7	49,1	51,4	53,2	54,7	56,7	58,3	59,3
45 Minutos	38,2	44,0	49,1	52,3	54,7	56,6	58,2	60,9	63,1	64,9	67,2	69,1	70,3
1 HORA	42,6	49,1	54,7	58,3	61,0	63,1	64,9	67,9	70,3	72,4	74,9	77,1	78,4
2 HORAS	53,6	61,9	68,9	73,4	76,8	79,5	81,8	85,6	88,6	91,2	94,4	97,1	98,7
3 HORAS	60,5	69,8	77,8	82,9	86,7	89,7	92,3	96,6	100,0	102,9	106,5	109,6	111,4
4 HORAS	65,6	75,7	84,4	89,9	94,0	97,3	100,2	104,7	108,5	111,6	115,5	118,9	120,8
5 HORAS	69,8	80,5	89,7	95,6	100,0	103,5	106,5	111,4	115,3	118,6	122,9	126,4	128,5
6 HORAS	73,3	84,6	94,2	100,4	105,0	108,7	111,8	117,0	121,1	124,6	129	132,8	135,0
7 HORAS	76,4	88,1	98,2	104,6	109,4	113,3	116,5	121,9	126,2	129,8	134,4	138,3	140,6
8 HORAS	79,1	91,3	101,7	108,3	113,3	117,3	120,7	126,2	130,7	134,5	139,2	143,3	145,6
12 HORAS	87,8	101,4	112,9	120,3	125,8	130,3	134,0	140,2	145,2	149,4	154,6	159,1	161,7
14 HORAS	91,4	105,4	117,5	125,1	130,9	135,5	139,4	145,8	151,0	155,3	160,9	165,5	168,2
20 HORAS	100,0	115,4	128,6	137	143,2	148,3	152,6	159,6	165,3	170,0	176,0	181,1	184,1
24 HORAS	104,7	120,8	134,6	143,4	149,9	155,3	159,7	167,1	173,0	178,0	184,3	189,6	192,8

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Arcos, foi registrada uma Chuva de 50 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, 50 mm dividido por 30 minutos é igual a 100 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:*

$$T = \left[ \frac{100(30+11,09)^{0,7552}}{956,27} \right]^{1/0,1560} = 33,7 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 33,72 anos corresponde a uma probabilidade de 2,97% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou*

$$P(i \geq 100 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{33,7} 100 = 2,97\%$$

### 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.

FREITAS, A. J. et al. *Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: COPASA; UFV, 2001. 65 p.

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

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

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência 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	1974	1975	98,2	17	1990	1991	65,2
2	1975	1976	96,8	18	1991	1992	146,4
3	1976	1977	86,5	19	1992	1993	91,4
4	1977	1978	84,3	20	1993	1994	96,4
5	1978	1979	61,0	21	1994	1995	96,0
6	1979	1980	78,4	22	1995	1996	82,8
7	1980	1981	59,0	23	1996	1997	136
8	1981	1982	88,0	24	1997	1998	86,0
9	1982	1983	109	25	1998	1999	117,6
10	1983	1984	67,1	26	1999	2000	70,0
11	1984	1985	146,2	27	2000	2001	72,5
12	1985	1986	86,4	28	2001	2002	101,1
13	1986	1987	108,0	29	2002	2003	69,6
14	1987	1988	54,1	30	2003	2004	71,6
15	1988	1989	65,0	31	2004	2005	140,5
16	1989	1990	76,4				

### 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
90,6	25,5	146,4	54,1	92,3	0,9	86,4	70,8	99,65	28,85

### Momentos-L e Razões-L

$l_1$	$l_2$	L-CV	L-SKEW	L-KURT
90,5645	14,2295	0,1571	0,1993	0,1312

Função Acumulada de Probabilidade de Gumbel para Máximos ( $\beta$  e  $\alpha$  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 ( $\beta$ )	Escala ( $\alpha$ )
Gumbel ( $\beta, \alpha$ )	78,72	20,529

## ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por COPASA/UFV (Freitas *et al.*, 2001) para o município de Iguatama.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,87	0,74	0,61	0,56	0,50

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,90	0,76	0,53	0,42

# 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](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)



**PAC**