

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais

Município: Lagoa da Prata

Estação Pluviométrica: Lagoa da Prata

Código: 02045011

 **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: Lagoa da Prata/MG

Estação Pluviométrica: Lagoa da Prata
Código: 02045011

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: Lagoa da Prata; Estação Pluviométrica:
Lagoa da Prata, Código 02045011 / Eber José de Andrade Pinto. –
Belo Horizonte: CPRM, 2018.
12 p.; anexos

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade

ISBN 978-85-7499-493-2

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 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 estudo apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Lagoa da Prata/MG onde foram utilizados os dados diários da estação pluviométrica Lagoa da Prata, código 02045011.

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 Lagoa da Prata - MG.

O município de Lagoa da Prata está localizado a cerca de 202 km da cidade de Belo Horizonte, pertencendo a Região Central Mineira. O município possui uma área aproximada de 439,984 km² e população estimada de 51.601 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

A estação Lagoa da Prata, código 02045011, está localizada no município de mesmo nome, na Latitude 20°02'11"S e Longitude 45°32'49"O, na altitude 658m; 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 17 de outubro de 1974.

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

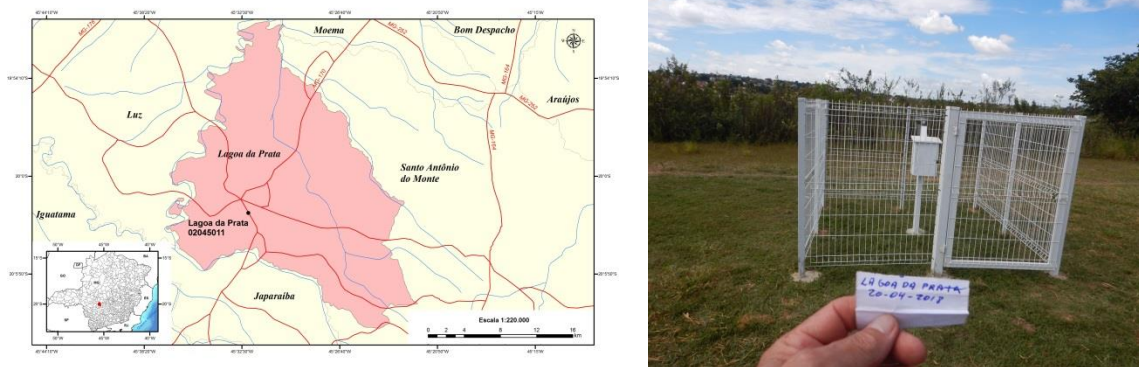


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

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 Lagoa da Prata, código 02045011, foi utilizada a série de 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 entre as alturas de chuvas de diferentes durações empregadas na desagregação das chuvas diárias estão no Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

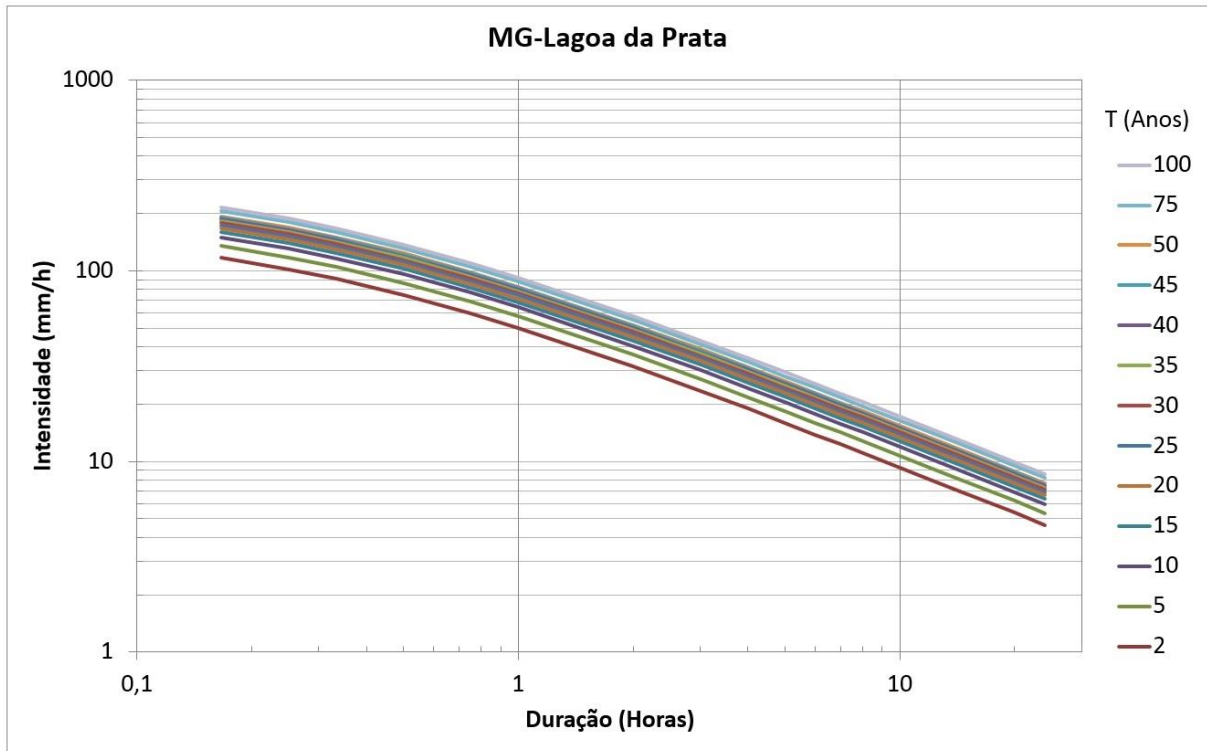


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

$$a = 1507,21; b = 0,1560 ; c = 16,98 \text{ e } d = 0,8087$$

$$i = \frac{1507,21T^{0,1560}}{(t+16,98)^{0,8087}} \quad (02)$$

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	116,9	134,9	150,3	160,2	167,5	173,5	178,5	186,7	193,3	198,9	206	211,9	215,4
15 Minutos	101,9	117,6	131	139,6	146	151,2	155,6	162,7	168,5	173,4	179,5	184,7	187,8
20 Minutos	90,6	104,5	116,5	124,1	129,8	134,4	138,3	144,7	149,8	154,1	159,6	164,2	167,0
30 Minutos	74,7	86,1	96	102,3	107	110,8	114	119,2	123,5	127	131,5	135,3	137,6
45 Minutos	59,7	68,9	76,7	81,8	85,5	88,5	91,1	95,3	98,7	101,5	105,1	108,2	110,0
1 HORA	50,1	57,8	64,4	68,6	71,8	74,3	76,5	80,0	82,8	85,2	88,2	90,8	92,3
2 HORAS	31,4	36,3	40,4	43,1	45,0	46,6	48,0	50,2	52,0	53,5	55,4	57,0	57,9
3 HORAS	23,4	27	30,1	32,1	33,6	34,8	35,8	37,4	38,7	39,9	41,3	42,5	43,2
4 HORAS	18,9	21,8	24,3	25,9	27,1	28,0	28,8	30,2	31,2	32,1	33,3	34,2	34,8
5 HORAS	15,9	18,4	20,5	21,8	22,8	23,7	24,3	25,5	26,4	27,1	28,1	28,9	29,4
6 HORAS	13,9	16,0	17,8	19,0	19,9	20,6	21,2	22,1	22,9	23,6	24,4	25,1	25,5
7 HORAS	12,3	14,2	15,8	16,8	17,6	18,2	18,8	19,6	20,3	20,9	21,7	22,3	22,7
8 HORAS	11,1	12,8	14,3	15,2	15,9	16,4	16,9	17,7	18,3	18,9	19,5	20,1	20,4
12 HORAS	8,1	9,3	10,4	11,0	11,5	12,0	12,3	12,9	13,3	13,7	14,2	14,6	14,8
14 HORAS	7,1	8,2	9,2	9,8	10,2	10,6	10,9	11,4	11,8	12,1	12,6	12,9	13,1
20 HORAS	5,4	6,2	6,9	7,4	7,7	8,0	8,2	8,6	8,9	9,1	9,5	9,7	9,9
24 HORAS	4,6	5,4	6,0	6,4	6,7	6,9	7,1	7,4	7,7	7,9	8,2	8,4	8,6

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	19,5	22,5	25,1	26,7	27,9	28,9	29,7	31,1	32,2	33,2	34,3	35,3	35,9
15 Minutos	25,5	29,4	32,8	34,9	36,5	37,8	38,9	40,7	42,1	43,3	44,9	46,2	46,9
20 Minutos	30,2	34,8	38,8	41,4	43,3	44,8	46,1	48,2	49,9	51,4	53,2	54,7	55,7
30 Minutos	37,3	43,1	48,0	51,1	53,5	55,4	57,0	59,6	61,7	63,5	65,8	67,7	68,8
45 Minutos	44,8	51,6	57,5	61,3	64,1	66,4	68,3	71,5	74,0	76,1	78,8	81,1	82,5
1 HORA	50,1	57,8	64,4	68,6	71,8	74,3	76,5	80,0	82,8	85,2	88,2	90,8	92,3
2 HORAS	62,8	72,5	80,8	86,1	90,1	93,3	95,9	100,4	103,9	106,9	110,7	113,9	115,8
3 HORAS	70,3	81,1	90,4	96,3	100,7	104,3	107,3	112,2	116,2	119,6	123,8	127,4	129,5
4 HORAS	75,6	87,2	97,2	103,5	108,3	112,1	115,4	120,7	125	128,6	133,1	137	139,3
5 HORAS	79,7	92,0	102,5	109,2	114,2	118,3	121,7	127,3	131,8	135,6	140,4	144,5	146,9
6 HORAS	83,1	95,9	106,9	113,9	119,2	123,4	126,9	132,8	137,5	141,5	146,5	150,7	153,2
7 HORAS	86,1	99,3	110,7	117,9	123,4	127,7	131,4	137,5	142,3	146,5	151,7	156	158,6
8 HORAS	88,7	102,3	114	121,5	127	131,6	135,4	141,6	146,6	150,8	156,2	160,7	163,4
12 HORAS	96,7	111,6	124,3	132,5	138,6	143,5	147,6	154,4	159,9	164,5	170,4	175,3	178,2
14 HORAS	99,9	115,2	128,4	136,8	143,1	148,2	152,5	159,5	165,1	169,9	175,9	181	184
20 HORAS	107,4	124	138,1	147,2	153,9	159,4	164	171,6	177,6	182,8	189,3	194,7	198,0
24 HORAS	111,4	128,6	143,3	152,7	159,7	165,4	170,2	178	184,3	189,6	196,3	202	205,4

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Lagoa da Prata, 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:

$$a = 1507,21; b = 0,1560 ; c = 16,98 \text{ e } d = 0,8087$$

$$T = \left[\frac{120(30+16,98)^{0,8087}}{1507,21} \right]^{1/0,1560} = 41,6 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 41,6 anos corresponde a uma probabilidade de 2,4% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{41,6} 100 = 2,6\%$$

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*: Lagoa da Prata. Brasília, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lagoa-da-prata/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.

PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência*; município: Santo Antônio do Monte; Estação Pluviográfica: Santo Antônio do Monte, Código 02045013. Belo Horizonte: CPRM, 2018.

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	88	16	1989	1990	64,5
2	1975	1976	94,2	17	1992	1993	97,31
3	1976	1977	79,1	18	1993	1994	123,5
4	1977	1978	87,3	19	1994	1995	78,3
5	1978	1979	71,3	20	1995	1996	97,32
6	1979	1980	75,9	21	1996	1997	123,8
7	1980	1981	74,2	22	1997	1998	112,7
8	1981	1982	97,3	23	1998	1999	137,2
9	1982	1983	123,4	24	1999	2000	115,8
10	1983	1984	62,5	25	2000	2001	98,2
11	1984	1985	69,3	26	2001	2002	96,4
12	1985	1986	63,5	27	2002	2003	148,3
13	1986	1987	90,3	28	2003	2004	63,8
14	1987	1988	63,2	29	2004	2005	136,2
15	1988	1989	61,3				

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
92,9	25,5	148,3	61,3	87,0	0,6	90,3	71,3	112,7	41,4

Momentos-L e Razões-L

l_1	l_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
92,90	14,5898	0,1570	0,1554	0,0346

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)	80,75	21,049

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das análises de frequência para definição das relações IDF estabelecidas por Pinto (2018) para o município de Santo Antônio do Monte/MG.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,90	0,76	0,68	0,63	0,57	0,42

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1 h	Relação 10 min/1 h
0,96	0,81	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

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