

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Amazonas

Município: Uarini

Estação Pluviométrica: Tefé

Código ANA: 00364000

Código INMET: 82317

Estação Pluviográfica: Gavião

Código COHIDRO/ANA: 00466001

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2015

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A
DESASTRES**

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

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

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Município: Uarini/AM

**Estação Pluviográfica: Gavião
Código 00466001 (COHIDRO/ANA)
Estação Pluviométrica: Tefé
Códigos: 00364000(ANA) e 82317 (INMET)**

**Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto**

**PORTO ALEGRE
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

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 Porto Alegre

Copyright © 2015 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: (51) 3406-7300
Fax: (51) 3233-7772
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Uarini. Estação Pluviográfica: Gavião, Código 00466001 e Estação
Pluviométrica: Tefé Códigos 00364000 (ANA) e 82317(INMET). Karine Pickbrenner
e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

13p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - PICKBRENNER, K. e
PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

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

Carlos Eduardo de Souza Braga

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

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

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 PORTO ALEGRE

José Leonardo Silva Andriotti
Superintendente

Marcos Alexandre de Freitas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Alexandre Goulart
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

Albert Teixeira Cardoso – Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli-Sureg/SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado Nascimento – RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Oswalcélio Mercês Furtunato – Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento – Sureg/BH

Apoio Técnico

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Betania Rodrigues dos Santos – Sureg/GO

Celina Monteiro – Sureg/BE

Danielle Cutolo – Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

Priscila Nishihara Leo – Sureg/SP

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres 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 por Weschenfelder *et al.* (2015) para o município de Tefé/AM. Na elaboração da IDF aplicou-se metodologia de desagregação, com os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico obtidos da estação pluviométrica de Tefé, códigos 00364000(ANA) e 82317(INMET). A estação Tefé localiza-se a 61,5 km da sede do município de Uarini e é operada pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida para o município de Tefé pode ser utilizada no município de Uarini.

O município de Uarini está localizado no estado do Amazonas, na Latitude $02^{\circ}59'47''$ S e Longitude $65^{\circ}06'50''$ W, a 569 km de Manaus. O município possui área de 10.246,23 Km² e localiza-se a uma altitude de 58 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 11.891 habitantes.

A estação pluviométrica de Tefé, códigos ANA/INMET 00364000/82317, está localizada no município de Tefé, na Latitude $03^{\circ}22'00''$ S e Longitude $64^{\circ}42'00''$ W, e fica inserida na sub-bacia 12 (sub-bacia dos rios Solimões, Juruá e Japurá), em sua porção mais a nordeste, mais especificamente na sub-bacia do rio Tefé. A estação Tefé localiza-se a 61,5 km da sede do município de Uarini e encontra-se em operação desde 1929. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro no período de 1970 a 2014.

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

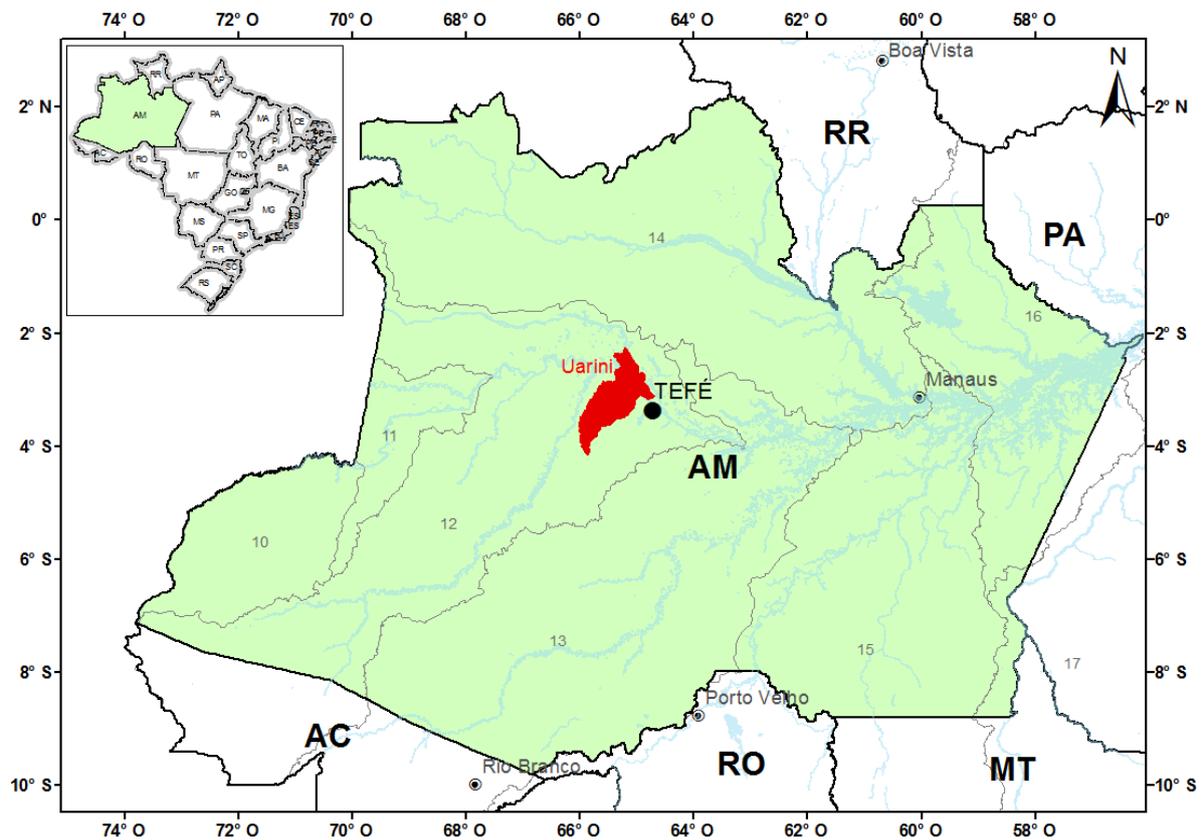


Figura 01 – Localização do Município e das Estações Pluviográfica e Pluviométrica

2 – EQUAÇÃO

A equação IDF indicada para o município de Uarini foi definida por Weschenfelder *et al.* (2015) para o município de Tefé.

Para a elaboração da IDF do município de Tefé, procedeu-se a um estudo preliminar com os dados de uma estação pluviográfica - Gavião, código 00466001 - operada pela COHIDRO - Consultoria Estudos e Projetos. Este estudo subsidiou a geração de uma IDF que permitiu o cálculo das relações entre alturas de precipitação de diferentes durações, usadas para a desagregação da série de máximos anuais levantados de registros da estação pluviométrica de Tefé, códigos 00364000 (ANA) e 82317 (INMET).

A série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), da estação pluviométrica de Tefé, encontra-se apresentada no Anexo I. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações, utilizadas para a desagregação dos dados pluviométricos, constam no Anexo II.

A distribuição de frequência ajustada aos dados diários de precipitação foi a Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

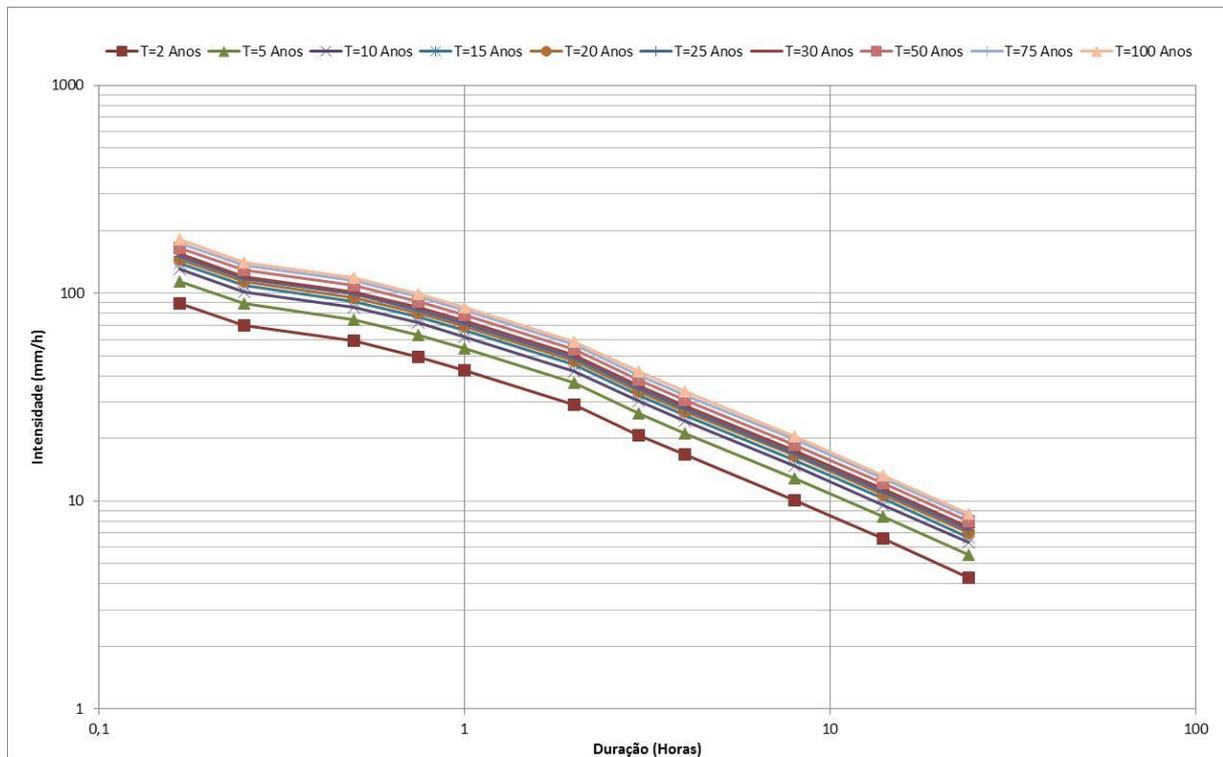


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 03 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

No caso de Tefé os parâmetros da equação são os seguintes:

$$10\text{min} \leq t \leq 2\text{h}$$

$$a = 382,3; b = 0,1769; c = 8,8; d = 0,5415$$

$$i = \frac{382,3T^{0,1769}}{(t+8,8)^{0,5415}} \quad (02)$$

$$2\text{h} < t \leq 24\text{h}$$

$$a = 1167,6; b = 0,1748; c = 0 \text{ e } d = 0,7806;$$

$$i = \frac{1167,6T^{0,1748}}{(t)^{0,7806}} \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos e durações de 10 minutos até 24 horas. 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, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	88,2	103,8	117,3	126,0	132,6	138,0	142,5	149,9	156,0	161,1	167,6	173,0	176,3
15 Minutos	77,7	91,3	103,2	110,9	116,7	121,4	125,4	131,9	137,3	141,8	147,5	152,3	155,2
20 Minutos	70,0	82,4	93,1	100,0	105,3	109,5	113,1	119,0	123,8	127,8	133,0	137,4	139,9
30 Minutos	59,6	70,1	79,2	85,1	89,6	93,2	96,2	101,3	105,3	108,8	113,2	116,9	119,1
45 Minutos	49,9	58,7	66,4	71,3	75,0	78,1	80,6	84,8	88,3	91,1	94,8	97,9	99,8
1 HORA	43,7	51,4	58,1	62,4	65,7	68,3	70,6	74,3	77,2	79,8	83,0	85,7	87,3
2 HORAS	31,1	36,6	41,4	44,5	46,8	48,7	50,3	52,9	55,0	56,8	59,1	61,0	62,2
3 HORAS	22,9	26,9	30,3	32,5	34,2	35,6	36,7	38,6	40,2	41,5	43,1	44,5	45,3
4 HORAS	18,3	21,5	24,2	26,0	27,3	28,4	29,3	30,9	32,1	33,1	34,4	35,6	36,2
5 HORAS	15,4	18,0	20,3	21,8	23,0	23,9	24,7	25,9	27,0	27,8	28,9	29,9	30,4
6 HORAS	13,3	15,6	17,6	18,9	19,9	20,7	21,4	22,5	23,4	24,1	25,1	25,9	26,4
7 HORAS	11,8	13,9	15,6	16,8	17,7	18,4	19,0	19,9	20,7	21,4	22,3	23,0	23,4
8 HORAS	10,6	12,5	14,1	15,1	15,9	16,5	17,1	18,0	18,7	19,3	20,0	20,7	21,1
12 HORAS	7,8	9,1	10,3	11,0	11,6	12,1	12,4	13,1	13,6	14,1	14,6	15,1	15,4
14 HORAS	6,9	8,1	9,1	9,8	10,3	10,7	11,0	11,6	12,1	12,5	13,0	13,4	13,6
20 HORAS	5,2	6,1	6,9	7,4	7,8	8,1	8,4	8,8	9,1	9,4	9,8	10,1	10,3
24 HORAS	4,5	5,3	6,0	6,4	6,7	7,0	7,2	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	8,9

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	14,7	17,3	19,6	21,0	22,1	23,0	23,7	25,0	26,0	26,8	27,9	28,8	29,4
15 Minutos	19,4	22,8	25,8	27,7	29,2	30,4	31,3	33,0	34,3	35,4	36,9	38,1	38,8
20 Minutos	23,3	27,5	31,0	33,3	35,1	36,5	37,7	39,7	41,3	42,6	44,3	45,8	46,6
30 Minutos	29,8	35,0	39,6	42,6	44,8	46,6	48,1	50,6	52,7	54,4	56,6	58,4	59,5
45 Minutos	37,5	44,0	49,8	53,5	56,3	58,6	60,5	63,6	66,2	68,4	71,1	73,4	74,8
1 HORA	43,7	51,4	58,1	62,4	65,7	68,3	70,6	74,3	77,2	79,8	83,0	85,7	87,3
2 HORAS	62,3	73,2	82,8	88,9	93,6	97,3	100,5	105,8	110,0	113,6	118,2	122,1	124,4
3 HORAS	68,6	80,6	90,9	97,6	102,7	106,7	110,2	115,9	120,5	124,4	129,3	133,5	136,0
4 HORAS	73,1	85,8	96,9	104,0	109,3	113,7	117,4	123,4	128,3	132,5	137,8	142,2	144,9
5 HORAS	76,8	90,1	101,7	109,2	114,8	119,4	123,3	129,6	134,8	139,1	144,7	149,4	152,1
6 HORAS	79,9	93,8	105,9	113,7	119,5	124,3	128,3	134,9	140,3	144,8	150,6	155,5	158,3
7 HORAS	82,7	97,0	109,5	117,6	123,6	128,5	132,7	139,5	145,1	149,8	155,8	160,8	163,8
8 HORAS	85,1	99,9	112,8	121,1	127,3	132,4	136,6	143,7	149,4	154,3	160,4	165,6	168,7
12 HORAS	93,0	109,2	123,3	132,3	139,1	144,7	149,4	157,1	163,3	168,6	175,3	181,0	184,3
14 HORAS	96,2	113,0	127,5	136,9	143,9	149,7	154,5	162,5	168,9	174,4	181,3	187,2	190,7
20 HORAS	104,1	122,2	137,9	148,0	155,6	161,8	167,1	175,7	182,7	188,6	196,1	202,4	206,2
24 HORAS	108,3	127,1	143,5	154,1	162,0	168,4	173,9	182,9	190,1	196,3	204,1	210,7	214,6

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Uarini, foi registrada uma Chuva de 112 mm com duração de 2 horas, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial no município de Uarini. 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, 112 mm dividido por 2 h é igual a 56,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{56,0(120 + 8,8)^{0,5415}}{382,3} \right]^{1/0,1769} = 55,3 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 55,3 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,8%, ou

$$P(i \geq 56 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{55,3} 100 = 1,8\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=130426&search=|uarini>. Acesso em 20 de julho de 2015.

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

WESCHENFELDER, A. B.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*: município Tefé. Estação Pluviográfica Gavião, Código 00466001 e Estação Pluviométrica Tefé Códigos 00364000 (ANA) e 82317(INMET). Porto Alegre: CPRM, 2015. 18p.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados– Altura de Chuva diária (mm)

Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1970	1971	25/04/71	121,0
1971	1972	10/03/72	108,0
1972	1973	28/01/73	73,0
1973	1974	01/06/74	54,0
1974	1975	05/05/75	94,0
1975	1976	19/02/76	100,0
1976	1977	02/03/77	62,2
1977	1978	24/01/78	98,0
1980	1981	22/01/81	90,3
1982	1983	26/03/83	106,0
1983	1984	08/02/84	78,8
1984	1985	23/01/85	59,7
1985	1986	03/05/86	108,0
1986	1987	15/04/87	84,5
1987	1988	21/05/88	162,4
1988	1989	02/03/89	101,4
1992	1993	02/05/93	95,5
1993	1994	14/11/93	89,2
1994	1995	20/12/94	41,2
1995	1996	08/02/96	99,2
1996	1997	06/03/97	73,6
1997	1998	30/05/98	61,8
1998	1999	21/03/99	112,8
1999	2000	27/09/00	163,9
2000	2001	13/01/01	120,2
2001	2002	31/12/01	75,2
2002	2003	30/04/03	104,0
2003	2004	30/03/04	80,0
2004	2005	12/03/05	96,7
2005	2006	17/09/06	92,6
2006	2007	21/04/07	147,6
2007	2008	24/06/08	64,5
2008	2009	28/01/09	97,2
2009	2010	24/01/10	81,6
2010	2011	18/03/11	121,0
2011	2012	06/01/12	130,6
2012	2013	20/04/13	112,8
2013	2014	29/11/13	109,2

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Weschenfelder *et al.* (2015) para a IDF do município de Tefé/AM.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,89	0,78	0,64	0,60	0,56	0,41

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h
0,87	0,69	0,41	0,35

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres 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 Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030
Tel.: 51 3406-7300 - Fax: 51 3233-7772

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

