

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS
DE MASSA E INUNDAÇÃO

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Município: Macapá
Estação Pluviográfica: São Francisco
Código ANA: 00052000

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil



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

**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**

Município: Macapá

**Estação Pluviográfica: São Francisco
Código 00052000**

**BELÉM
2017**

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belém

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Belém
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA – 66095-110
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Macapá. Estação Pluviográfica: São Francisco, Código 00052000/
Andressa Macedo Silva de Azambuja, Luana Kessia Lucas Alves e Eber José de
Andrade Pinto – Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2017.

11 p.(Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - AZAMBUJA, A.M.S. de
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

Fernando Bezerra Coelho Filho

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Paulo Pedrosa

**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

Paulo Cesar Abrão

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente (Interino)

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antonio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Jânio Souza Nascimento
Superintendente

Homero Reis de Melo Junior
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Cesar Lisboa Chaves
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Cristiane Silva de Sousa
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Sônia Cristina dos Santos Cavalcante
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia
Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial
Jorge Pimentel

Divisão de Hidrologia Aplicada
Adriana Dantas Medeiros
Achiles Monteiro (*In memorian*)

Coordenação Executiva do DEHID – 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

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/SP

Catharina dos Prazeres Campos de Farias – 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 relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Macapá onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica de São Francisco, código 00052000, operada pela CPRM/ANA.

1 - INTRODUÇÃO

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

Macapá é a capital e maior cidade do estado do Amapá, pertence à Mesorregião Sul do Amapá e à microrregião homônima. O município possui área de 6.502,119 km² e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 14 m. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 398.204 habitantes.

A estação de São Francisco, código 00052000, está localizada na Latitude 0°34'15.96"S e Longitude 52°34'30.00"O", a 180 km de Macapá, no município Laranjal do Jari. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica
(Fonte: Google, 2015)

2 – EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação São Francisco, código 00052000, foi utilizada série de duração parcial e os dados utilizados constam no Anexo I. A montagem das séries foi realizada utilizando 10 anos, período de 1990 a 2009 (01/Out a 30/Set). 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.

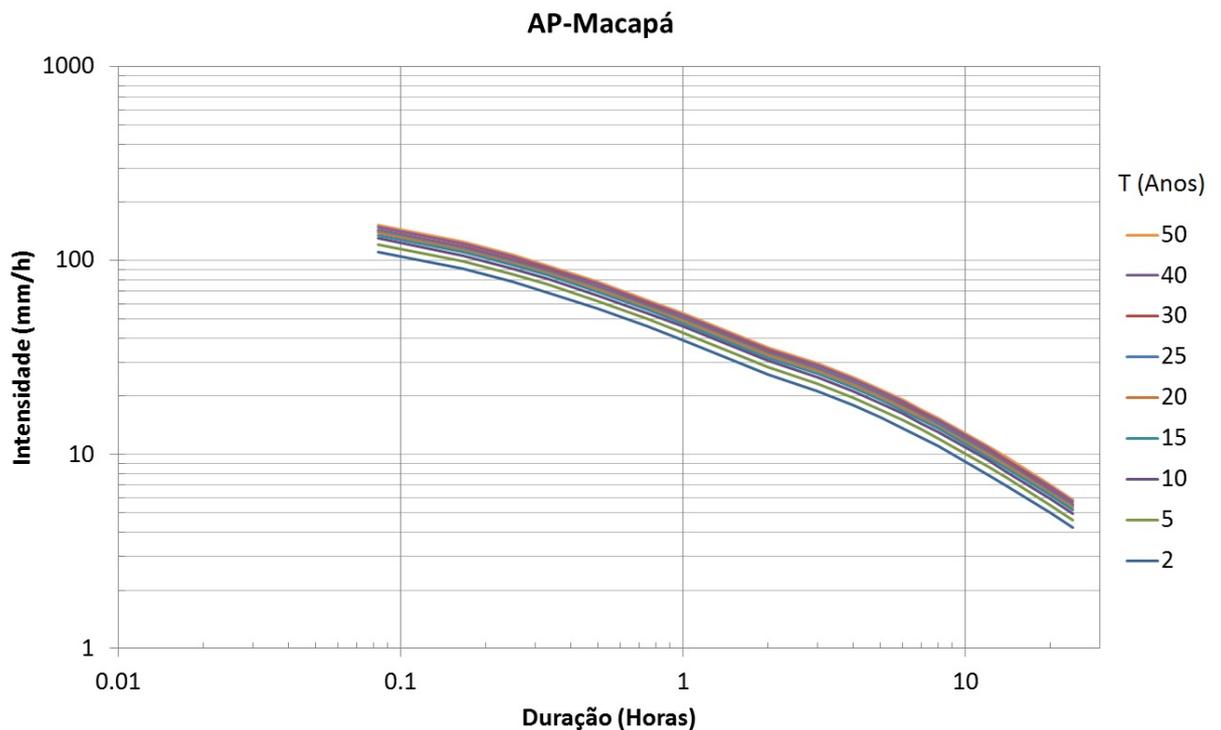


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 São Francisco, os parâmetros das equações são os seguintes:

$a = 558,0; b = 0,0988; c = 8,56; d = 0,6456$ (de 05min a 2h);

$$i = \frac{558,0T^{0,0988}}{(t+8,56)^{0,6456}} \quad (02)$$

$a = 11965,0; b = 0,1039; c = 186,0; d = 1,0856$ (de 2h a 24h);

$$i = \frac{11965,0T^{0,1039}}{(t+186)^{1,0856}} \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 50 anos e durações de 5 minutos a 24 horas. Foi necessário o ajuste de duas equações para melhor representar as curvas. 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	40	50
5 Minutos	111,0	121,5	130,2	135,5	139,4	142,5	149,3	152,6
10 Minutos	90,7	99,3	106,3	110,6	113,8	116,4	121,9	124,6
15 Minutos	77,7	85,1	91,1	94,8	97,6	99,7	104,5	106,8
30 Minutos	56,5	61,9	66,3	69,0	71,0	72,6	76,0	77,7
45 Minutos	45,7	50,1	53,6	55,8	57,4	58,7	61,5	62,9
1 HORA	39,0	42,7	45,7	47,6	49,0	50,1	52,4	53,6
2 HORAS	26,0	28,5	30,5	31,7	32,6	33,4	34,9	35,7
3 HORAS	21,2	23,3	25,1	26,1	26,9	27,6	28,9	29,6
4 HORAS	18,0	19,8	21,2	22,2	22,8	23,4	24,5	25,1
8 HORAS	11,1	12,2	13,1	13,6	14,1	14,4	15,1	15,5
14 HORAS	6,9	7,6	8,2	8,5	8,8	9,0	9,5	9,7
20 HORAS	5,0	5,5	5,9	6,2	6,3	6,5	6,8	7,0
24 HORAS	4,2	4,6	5,0	5,2	5,3	5,5	5,7	5,9

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)							
	2	5	10	15	20	25	40	50
5 Minutos	9,3	10,1	10,8	11,3	11,6	11,9	12,4	12,7
10 Minutos	15,1	16,5	17,7	18,4	19,0	19,4	20,3	20,8
15 Minutos	19,4	21,3	22,8	23,7	24,4	24,9	26,1	26,7
30 Minutos	28,3	31,0	33,1	34,5	35,5	36,3	38,0	38,9
45 Minutos	34,3	37,6	40,2	41,9	43,1	44,0	46,1	47,1
1 HORA	39,0	42,7	45,7	47,6	49,0	50,1	52,4	53,6
2 HORAS	52,0	56,9	60,9	63,4	65,3	66,7	69,9	71,4
3 HORAS	63,6	69,9	75,2	78,4	80,8	82,7	86,8	88,8
4 HORAS	71,9	79,1	85,0	88,7	91,3	93,5	98,2	100,5
8 HORAS	88,5	97,4	104,6	109,2	112,5	115,1	120,9	123,7
14 HORAS	96,9	106,6	114,6	119,5	123,1	126,0	132,3	135,4
20 HORAS	99,9	109,9	118,1	123,2	126,9	129,9	136,4	139,6
24 HORAS	100,8	110,9	119,1	124,3	128,0	131,0	137,6	140,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Macapá, foi registrada uma chuva de 53,6 mm com duração de 1 hora. 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, 53,6 mm dividido por 1 h é igual a 53,6 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{53,6(60 + 8,56)^{0,6456}}{558,0} \right]^{1/0,0988} = 50 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 50 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada, em um ano qualquer, de 2,0%, ou

$$P(i \geq 53,6 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{50} 100 = 2,0\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Estação pluviográfica de São Francisco**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/PortalSuporte/frmSelecaoEstacao.aspx>>. Acesso em: mai. 2015.

_____. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: mai. 2015.

GOOGLE EARTH. **Estação pluviográfica de São Francisco**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Macapá**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/234P6>>. Acesso em: mai. 2015

PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, mar. 2013.

ANEXO I

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

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA
16/05/1990	9,3	16/05/1990	14,2	22/03/1990	16,5	22/03/1990	25,9	22/03/1990	33,8	22/03/1990	39,1
15/05/1993	8,6	26/07/1990	11,6	16/05/1990	18,8	03/06/1993	27,3	07/11/1993	40,9	07/11/1993	48,5
03/06/1993	9,1	03/06/1993	12,2	03/06/1993	17,3	07/11/1993	30	02/04/1994	33,6	02/04/1994	38,5
07/11/1993	9,3	07/11/1993	12,9	07/11/1993	19,2	04/11/1994	31,6	04/11/1994	37,9	04/11/1994	41,5
04/11/1994	9,2	04/11/1994	12,6	04/11/1994	19,3	07/03/1995	24,2	17/03/1995	34,6	07/03/1995	38,8
17/03/1995	8,8	07/03/1995	11,2	07/03/1995	17	17/03/1995	27,7	23/01/1996	32	17/03/1995	39,9
04/02/1996	8,3	17/03/1995	12,3	17/03/1995	17,4	23/01/1996	24	04/03/2002	33,3	23/01/1996	38,6
05/03/1996	8,7	26/12/2008	10,9	05/03/1996	16,8	17/08/2003	23,9	17/10/2003	33,31	04/03/2002	41,4
30/05/2009	12,9	06/04/2009	13	26/12/2008	16,3	26/12/2008	26,7	26/12/2008	32,9	17/10/2003	41,41
22/06/2009	8,2	30/05/2009	20	30/05/2009	24,6	30/05/2009	34,7	30/05/2009	42,5	30/05/2009	50
DATA	2 h	DATA	4 h	DATA	8 h	DATA	14 h	DATA	20 h	DATA	24 h
07/11/1993	50,8	07/11/1993	54,1	15/01/1996	63,7	01/04/1994	77,7	16/03/1993	73,9	15/03/1993	75,4
04/11/1994	50,9	04/11/1994	62,1	19/03/1996	61,7	15/01/1996	68,7	01/04/1994	80,3	01/04/1994	100,1
07/03/1995	50,4	07/03/1995	54,4	20/01/2002	61,3	20/01/2002	72,1	20/01/2002	75,3	15/01/1996	91,7
15/01/1996	52,3	15/01/1996	55,4	23/02/2003	75	23/02/2003	76,1	23/02/2003	76,1	20/01/2002	76,3
05/03/1996	48,8	05/03/1996	67,1	17/08/2003	73,1	17/08/2003	73,1	17/08/2003	73,1	23/02/2003	77,2
04/03/2002	48,6	23/02/2003	60,8	05/04/2008	119,7	05/04/2008	122	05/04/2008	128,5	05/04/2008	135
23/02/2003	48,6	17/10/2003	93,4	10/05/2008	84,3	10/05/2008	90	10/05/2008	90	10/05/2008	90
17/10/2003	53,2	05/04/2008	67,6	26/02/2009	76,3	26/02/2009	79,4	25/02/2009	82	25/02/2009	83,6
05/04/2008	60,5	10/05/2008	55,2	30/03/2009	73,11	30/03/2009	73,8	30/03/2009	73,8	30/03/2009	73,8
30/05/2009	67,5	30/05/2009	73,6	30/05/2009	81,1	30/05/2009	85,9	30/05/2009	90,6	30/05/2009	91

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

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 Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059

Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco

Belém - PA - CEP: 66095-110

Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

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

www.cprm.gov.br



PAC