

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: Forquilha
Estação Pluviométrica: Forquilha
Código ANA: 02849006

 **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
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Forquilhinha - SC

**Estação Pluviométrica: Forquilhinha
Código: 02849006**

**GOIÂNIA
2016**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÃO
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência de Goiânia

Copyright @ 2016 CPRM - Superintendência Regional de Goiânia
Rua 148, 485 – Setor Marista
Goiânia - GO - 74.170-110
Telefone: (62) 3240-1100
Fax: (62) 3240-1417
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Forquilha/SC. Estação Pluviométrica: Forquilha, Código 02849006. Albert Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia: CPRM, 2016.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CARDOSO, A. T.; PICKBRENNER, K.; 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

Luiz Eduardo Barata

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

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Roberto Ventura Santos

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA DE GOIÂNIA

Luiz Fernando Magalhães
Superintendente

Cíntia de Lima Vilas Boas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Luciana Felício Pereira
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Sheila Soraya Alves Knust
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcelo Henrique da Silva Rosa
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

Marlon Colombo Hoelzel

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

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 Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento- Sureg/BH

Apoio Técnico

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Betânia 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 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 Forquilha/SC onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Forquilha, código 02849006.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Forquilha/SC.

O município de Forquilha está localizado na região sul do estado de Santa Catarina, na sub-bacia do Rio Araranguá. Forquilha faz fronteira com os municípios de Nova Veneza, Criciúma, Maracajá e Meleiro. O município possui uma área de 183.134 km² (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 26 metros do nível do mar. A população de Forquilha, segundo IBGE (2010), é de 22.548 habitantes.

A estação Forquilha, código 02849006, está localizada na Latitude 28°45'02"S e Longitude 49°28'23"O. A estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1945, sendo operada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/EPAGRI. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

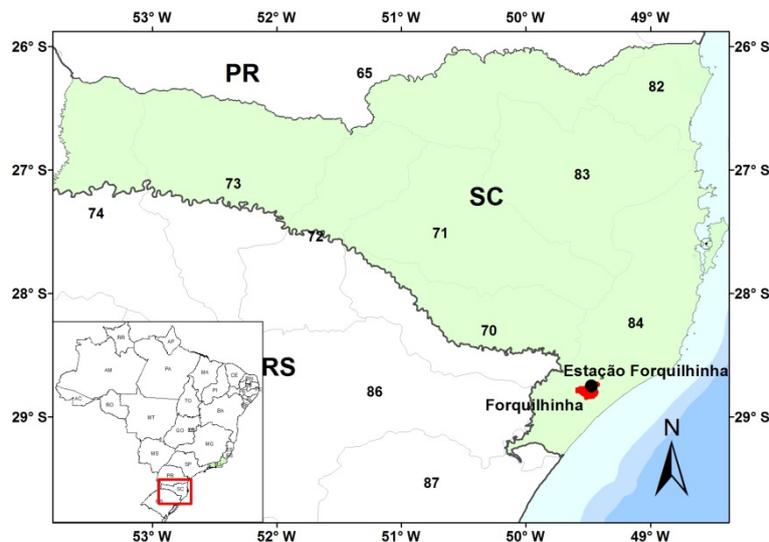


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Forquilha, código 02849006, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gama, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações de IDF estabelecidas pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM (WESCHENFELDER; PICKBRENNER; PINTO, 2013) para o município de Urussanga/SC. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

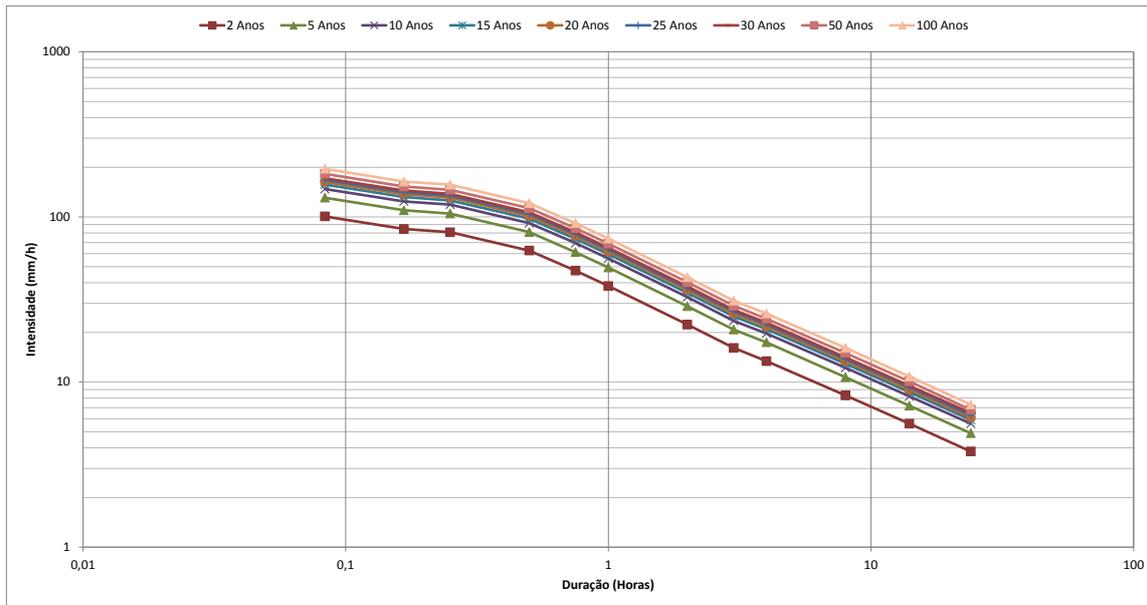


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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 Forquilha, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 1\text{h}$$

$$a = 28000,0; b = 0,1683; c = 52,9 \text{ e } d = 1,4066;$$

$$i = \frac{28000,0T^{0,1678}}{(t+53,0)^{1,4058}} \quad (02)$$

$$1\text{h} < t < 8\text{h}$$

$$a = 817,9; b = 0,1683; c = 0,0 \text{ e } d = 0,7607;$$

$$i = \frac{817,9T^{0,1683}}{(t)^{0,7607}} \quad (03)$$

$$8 \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 574,4; b = 0,1588; c = 0,0 \text{ e } d = 0,6955;$$

$$i = \frac{574,4T^{0,1588}}{(t)^{0,6955}} \quad (04)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de 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 (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	104,3	121,7	136,8	146,5	153,7	159,6	172,7	179,4	184,9	192,0	198,0	201,5
10 Minutos	92,9	108,3	121,8	130,4	136,8	142,1	153,7	159,6	164,6	170,9	176,2	179,4
15 Minutos	83,4	97,3	109,3	117,1	122,9	127,6	138,1	143,3	147,8	153,5	158,3	161,1
20 Minutos	75,5	88,0	98,9	105,9	111,2	115,4	124,9	129,7	133,8	138,9	143,2	145,8
30 Minutos	63,0	73,5	82,6	88,4	92,8	96,3	104,3	108,3	111,6	115,9	119,5	121,7
45 Minutos	49,8	58,2	65,3	70,0	73,4	76,2	82,5	85,7	88,3	91,7	94,6	96,3
1 Horas	40,8	47,6	53,5	57,2	60,1	62,4	67,5	70,1	72,3	75,1	77,4	78,8
2 Horas	24,1	28,1	31,6	33,8	35,5	36,8	39,9	41,4	42,7	44,3	45,7	46,5
3 Horas	17,7	20,6	23,2	24,8	26,1	27,1	29,3	30,4	31,4	32,6	33,6	34,2
4 Horas	14,2	16,6	18,6	20,0	20,9	21,7	23,5	24,4	25,2	26,2	27,0	27,5
5 Horas	12,0	14,0	15,7	16,8	17,7	18,3	19,9	20,6	21,3	22,1	22,8	23,2
6 Horas	10,4	12,2	13,7	14,7	15,4	16,0	17,3	17,9	18,5	19,2	19,8	20,2
7 Horas	9,3	10,8	12,2	13,0	13,7	14,2	15,4	16,0	16,5	17,1	17,6	17,9
8 Horas	8,8	10,1	11,3	12,1	12,6	13,1	14,1	14,6	15,0	15,6	16,0	16,3
12 Horas	6,6	7,6	8,5	9,1	9,5	9,9	10,6	11,0	11,3	11,7	12,1	12,3
14 Horas	5,9	6,9	7,7	8,2	8,6	8,9	9,5	9,9	10,2	10,5	10,9	11,0
20 Horas	4,6	5,4	6,0	6,4	6,7	6,9	7,4	7,7	7,9	8,2	8,5	8,6
24 Horas	4,1	4,7	5,3	5,6	5,9	6,1	6,6	6,8	7,0	7,2	7,5	7,6

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	8,7	10,1	11,4	12,2	12,8	13,3	14,4	14,9	15,4	16,0	16,5	16,8
10 Minutos	15,5	18,1	20,3	21,7	22,8	23,7	25,6	26,6	27,4	28,5	29,4	29,9
15 Minutos	20,8	24,3	27,3	29,3	30,7	31,9	34,5	35,8	37,0	38,4	39,6	40,3
20 Minutos	25,2	29,3	33,0	35,3	37,1	38,5	41,6	43,2	44,6	46,3	47,7	48,6
30 Minutos	31,5	36,7	41,3	44,2	46,4	48,2	52,1	54,1	55,8	58,0	59,8	60,8
45 Minutos	37,4	43,6	49,0	52,5	55,1	57,2	61,9	64,3	66,3	68,8	70,9	72,2
1 Horas	40,8	47,6	53,5	57,2	60,1	62,4	67,5	70,1	72,3	75,1	77,4	78,8
2 Horas	48,2	56,2	63,2	67,6	71,0	73,7	79,7	82,8	85,4	88,6	91,4	93,0
3 Horas	53,1	61,9	69,6	74,5	78,2	81,2	87,9	91,2	94,1	97,7	100,7	102,5
4 Horas	56,9	66,3	74,5	79,8	83,8	87,0	94,1	97,7	100,8	104,6	107,9	109,8
5 Horas	60,0	70,0	78,6	84,2	88,4	91,7	99,3	103,1	106,3	110,4	113,8	115,9
6 Horas	62,7	73,1	82,1	87,9	92,3	95,8	103,7	107,7	111,1	115,3	118,9	121,0
7 Horas	65,0	75,8	85,2	91,2	95,8	99,4	107,6	111,7	115,2	119,6	123,4	125,6
8 Horas	70,0	81,0	90,4	96,4	100,9	104,6	112,7	116,8	120,2	124,5	128,2	130,3
12 Horas	79,2	91,6	102,3	109,1	114,2	118,3	127,5	132,1	136,0	140,9	145,0	147,5
14 Horas	83,0	96,1	107,2	114,4	119,7	124,0	133,6	138,5	142,5	147,7	152,0	154,6
20 Horas	92,6	107,1	119,5	127,5	133,4	138,3	149,0	154,3	158,9	164,6	169,4	172,3
24 Horas	97,9	113,2	126,4	134,8	141,1	146,1	157,5	163,1	167,9	174,0	179,1	182,1

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Forquilha, foi registrada uma chuva de 71 mm com duração de 45 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade. 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:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 71 mm dividido por 45 minutos (0,75 h) é igual a 94,7 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 e utilizando os coeficientes da equação 2 ($5\text{min} \leq t \leq 1\text{h}$), temos:

$$T = \left[\frac{94,7(45 + 52,9)^{1,4066}}{28000,0} \right]^{1/0,1683} = 90,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 90,7 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,1%, ou:

$$P(i \geq 94,7\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{90,7} 100 = 1,1\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Abril de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420545&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>. Acesso em Abril de 2016.

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: Urussanga. Estação pluviográfica Urussanga, código 02849011. Porto Alegre, RS: CPRM, 2013. 13p.

ANEXO I
Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximo por Ano Hidrológico (Janeiro/Dezembro)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)	Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)
1946	1946	01/03/1946	100,0	1976	1976	13/05/1976	62,0
1947	1947	19/05/1947	98,4	1977	1977	29/03/1977	60,0
1948	1948	20/04/1948	75,4	1978	1978	21/03/1978	77,4
1949	1949	16/07/1949	67,1	1979	1979	15/12/1979	60,4
1950	1950	21/02/1950	70,6	1980	1980	03/12/1980	116,4
1951	1951	18/09/1951	53,6	1981	1981	07/06/1981	136,3
1952	1952	30/06/1952	46,2	1982	1982	02/03/1982	81,2
1953	1953	15/09/1953	100,0	1983	1983	13/06/1983	114,2
1954	1954	03/04/1954	79,8	1984	1984	08/12/1984	61,2
1955	1955	29/12/1955	82,8	1985	1985	15/02/1985	133,0
1956	1956	30/01/1956	55,2	1986	1986	10/10/1986	123,7
1957	1957	26/03/1957	133,2	1987	1987	28/09/1987	87,0
1958	1958	12/06/1958	85,8	1988	1988	13/09/1988	82,0
1959	1959	13/01/1959	64,6	1990	1990	24/12/1990	120,6
1960	1960	02/03/1960	102,2	1991	1991	15/12/1991	61,0
1961	1961	08/07/1961	77,8	1993	1993	20/09/1993	79,0
1962	1962	16/03/1962	95,6	1996	1996	14/08/1996	61,2
1963	1963	22/07/1963	59,8	1997	1997	24/11/1997	70,3
1964	1964	07/03/1964	102,8	1998	1998	11/12/1998	90,6
1965	1965	19/08/1965	127,2	1999	1999	02/10/1999	80,6
1966	1966	15/01/1966	80,8	2000	2000	16/02/2000	44,8
1967	1967	11/02/1967	77,4	2001	2001	14/02/2001	54,2
1968	1968	22/01/1968	70,4	2002	2002	12/06/2002	59,0
1969	1969	05/01/1969	49,8	2003	2003	20/02/2003	53,2
1970	1970	12/03/1970	44,8	2005	2005	31/08/2005	71,5
1971	1971	16/04/1971	84,2	2010	2010	11/05/2010	130,4
1972	1972	24/12/1972	82,6	2012	2012	09/09/2012	89,6
1973	1973	22/07/1973	103,2	2013	2013	10/08/2013	123,2
1974	1974	25/03/1974	125,4	2014	2014	25/02/2014	74,5
1975	1975	30/08/1975	56,6				

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Weschenfelder; Pickbrenner; Pinto (2013) para o município de Urussanga/SC.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,86	0,73	0,59	0,53	0,49	0,42

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,93	0,82	0,53	0,37	0,22

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 Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista
Goiânia - GO - CEP: 74170-110
Tel.: 62 3240-1400 - Fax: 62 3240-1417

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