

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: Vitória

Estação Pluviométrica: Vitória

Código ANA: 02040035

Código INMET: ES-83678

Código OMM: ES-83648

 **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: Vitória - ES

**Estação Pluviométrica: Estação Vitória - INMET,
Código OMM ES-83648, Código ANA 02040035**

**FORTALEZA
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 (Desagregação
de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Residência de Fortaleza

Copyright © 2017 CPRM - Residência de Fortaleza
Av. Antônio Sales 1418 – Joaquim Távora
Fortaleza - CE - 60.135-101
Telefone: 0(xx)(85)3878-0226
Fax: 0(xx)(85) 3878-0240
<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: Vitória/ES. Estação Pluviométrica: Vitória - INMET, Código OMM ES-83648, Código ANA 02040035. José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Fortaleza, CE: CPRM, 2017.

9p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - FARIAS, J. A. M.; PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e

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

Antônio 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

RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Darlan Filgueira Maciel
Chefe da Residência

Jaime Quintas dos Santos Colares
Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Maurilio Vasconcelos
Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Edson Mendonça Gomes
Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Francisco de Assis Vasconcelos
Assistente 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
e Achiles Monteiro (*In memoriam*)

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.

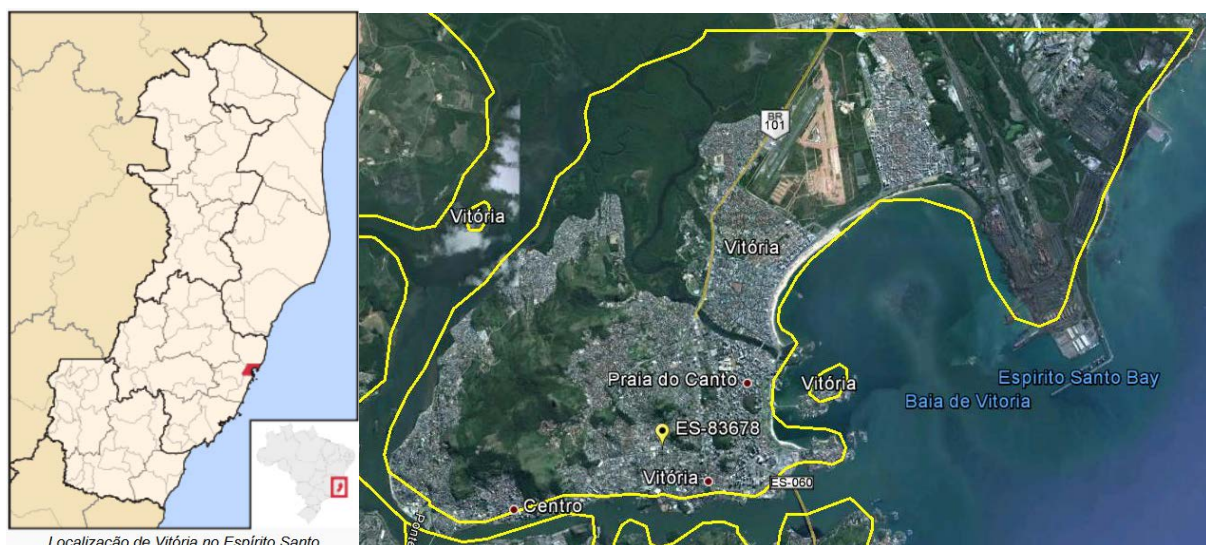
Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Vitória/ES onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Estação Vitória - INMET, Código OMM ES-83648, Código ANA 02040035. Esta estação fica localizada no próprio município de Vitória/ES.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Vitória/ES.

O município de Vitória está localizado no Estado do Espírito Santo, na microrregião de Vitória e mesorregião Central Espírito-santense, sendo a Capital do Estado, fazendo fronteira com os municípios de Cariacica, Serra e Vila Velha. O município de Vitória/ES possui área de 98 km² (IBGE) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 12 metros. Apresenta uma população de 327.801 habitantes (IBGE, 2010).

A Estação Vitória - INMET, código OMM ES-83648, Código ANA 02040035, está localizada na Latitude 20°18'36"S e Longitude 40°18'36"W, no próprio município de Vitória, na região central. Esta estação pluviométrica continua em atividade, sendo operada pelo INMET. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo Ville de Paris. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Localização de Vitória no Espírito Santo

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fontes: Wikipédia e Google, 2013)

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 Vitória - INMET, código OMM ES-83648, Código ANA 02040035, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gumbel, 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 IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o próprio município de Vitória que constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

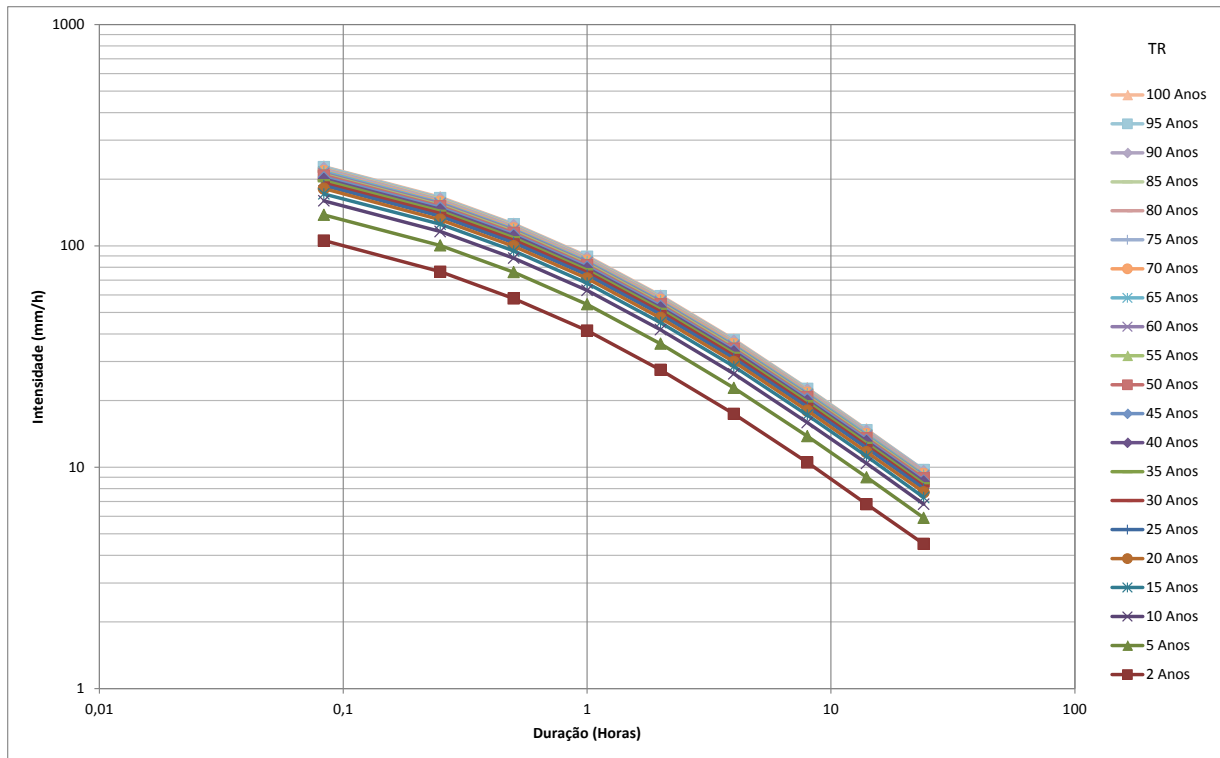


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

a, b, c, d, δ são parâmetros da equação

No caso de Vitória, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,6056 ; b = 18,8010 ; c = 10,8568 ; d = 30,9441 \text{ e } \delta = 12$$

$$i = \{[(6,6056 \ln(T) + 18,8010) \cdot \ln(t + (12/60))] + 10,8568 \ln(T) + 30,9441\} / t \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,3127 ; b = 17,9560 ; c = 11,2954 ; d = 32,1643 \text{ e } \delta = 8$$

$$i = \{[(6,3127 \ln(T) + 17,9560) \cdot \ln(t + (8/60))] + 11,2954 \ln(T) + 32,1643\} / t \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno 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 de Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	107,8	135,6	156,6	168,9	177,6	184,4	198,6	205,4	210,9	217,7	223,2	226,4
10 Minutos	90,1	113,3	130,9	141,2	148,5	154,2	166,1	171,8	176,4	182	186,7	189,3
15 Minutos	79,2	99,7	115,1	124,2	130,6	135,6	146,1	151,1	155,1	160,1	164,2	166,6
20 Minutos	71,3	89,7	103,7	111,8	117,6	122,1	131,6	136,1	139,7	144,2	147,9	150
30 Minutos	60,3	75,8	87,6	94,5	99,4	103,2	111,2	115	118,1	121,9	125	126,8
45 Minutos	49,7	62,5	72,3	78	82	85,1	91,7	94,8	97,4	100,5	103,1	104,6
1 HORA	42,7	53,8	62,1	67	70,5	73,2	78,9	81,6	83,8	86,4	88,6	89,9
2 HORAS	28,5	35,8	41,4	44,7	47	48,8	52,5	54,3	55,8	57,6	59,1	59,9
3 HORAS	21,8	27,5	31,8	34,3	36	37,4	40,3	41,7	42,8	44,2	45,3	46
4 HORAS	17,9	22,6	26,1	28,1	29,6	30,7	33,1	34,2	35,1	36,3	37,2	37,7
5 HORAS	15,3	19,3	22,3	24	25,3	26,2	28,3	29,2	30	31	31,8	32,2
6 HORAS	13,4	16,9	19,5	21,1	22,1	23	24,8	25,6	26,3	27,2	27,8	28,2
7 HORAS	12	15,1	17,4	18,8	19,8	20,5	22,1	22,9	23,5	24,3	24,9	25,2
8 HORAS	10,9	13,7	15,8	17	17,9	18,6	20	20,7	21,3	22	22,5	22,8
12 HORAS	8	10	11,6	12,5	13,2	13,7	14,7	15,2	15,6	16,1	16,6	16,8
14 HORAS	7,1	8,9	10,3	11,1	11,7	12,1	13,1	13,5	13,9	14,3	14,7	14,9
20 HORAS	5,4	6,7	7,8	8,4	8,8	9,2	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,3
24 HORAS	4,6	5,8	6,7	7,3	7,6	7,9	8,5	8,8	9,1	9,4	9,6	9,7

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração de Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	9	11,3	13,1	14,1	14,8	15,4	16,6	17,1	17,6	18,1	18,6	18,9
10 Minutos	15	18,9	21,8	23,5	24,8	25,7	27,7	28,6	29,4	30,3	31,1	31,6
15 Minutos	19,8	24,9	28,8	31	32,7	33,9	36,5	37,8	38,8	40	41,1	41,6
20 Minutos	23,8	29,9	34,6	37,3	39,2	40,7	43,9	45,4	46,6	48,1	49,3	50
30 Minutos	30,1	37,9	43,8	47,3	49,7	51,6	55,6	57,5	59	60,9	62,5	63,4
45 Minutos	37,3	46,9	54,2	58,5	61,5	63,8	68,8	71,1	73	75,4	77,3	78,4
1 HORA	42,7	53,8	62,1	67	70,5	73,2	78,9	81,6	83,8	86,4	88,6	89,9
2 HORAS	56,9	71,6	82,8	89,3	93,9	97,5	105,1	108,7	111,6	115,2	118,1	119,8
3 HORAS	65,5	82,5	95,3	102,8	108,1	112,2	120,9	125,1	128,4	132,6	135,9	137,9
4 HORAS	71,7	90,2	104,3	112,5	118,3	122,8	132,4	136,9	140,6	145,1	148,8	150,9
5 HORAS	76,5	96,3	111,3	120,1	126,3	131,1	141,3	146,1	150,1	154,9	158,8	161,1
6 HORAS	80,5	101,3	117,1	126,3	132,9	137,9	148,6	153,7	157,9	162,9	167,1	169,5
7 HORAS	83,9	105,6	122	131,6	138,4	143,7	154,9	160,2	164,5	169,8	174,1	176,6
8 HORAS	86,8	109,3	126,3	136,2	143,3	148,7	160,3	165,7	170,2	175,7	180,2	182,7
12 HORAS	95,7	120,5	139,3	150,2	158	164,1	176,8	182,8	187,7	193,8	198,7	201,6
14 HORAS	99,1	124,8	144,2	155,6	163,6	169,9	183,1	189,3	194,4	200,7	205,8	208,7
20 HORAS	107	134,8	155,7	168	176,7	183,4	197,7	204,4	209,9	216,7	222,2	225,4
24 HORAS	111,1	139,9	161,6	174,3	183,4	190,4	205,1	212,1	217,9	224,9	230,6	233,9

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Vitória, foi registrada uma Chuva de 40mm com duração de 15 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 40 mm dividido por 0,25 h é igual a 160 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{160 \times 0,25 - 18,8010 \ln(0,25 + (12/60)) - 30,9441}{6,6056 \ln(0,25 + (12/60)) + 10,8568} \right] = 74,6 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 74,6 anos corresponde a uma probabilidade de 1,34% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 160 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{74,6} 100 = 1,34\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 74,6 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem de Vitória, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. *Drenagem Urbana: Manual de Projeto*. 3ª ed, São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em novembro de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=320530&search=espírito-santo|vitoria>. Acesso em novembro de 2013.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

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

TABORGA, J. T. *Práticas Hidrológicas*. TRANSCON Consultoria Técnica Ltda. Rio de Janeiro, RJ, 1974.

WIKIPEDIA, 2013. Ficheiro – Espírito Santo - Município de Vitória. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Vit%C3%B3ria_\(Esp%C3%ADrito_Santo\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Vit%C3%B3ria_(Esp%C3%ADrito_Santo)). Acesso em: novembro de 2013.

ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico (01/Out a 30/Set)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1961	1962	11/12/1961	58,6
1964	1965	13/09/1965	63,3
1967	1968	16/12/1967	105,0
1968	1969	24/06/1969	196,9
1969	1970	21/10/1969	115,2
1970	1971	25/10/1970	100,2
1971	1972	09/12/1971	75,6
1972	1973	30/01/1973	59,9
1973	1974	14/10/1973	56,4
1974	1975	23/11/1974	104,7
1975	1976	23/03/1976	68,2
1976	1977	03/04/1977	111,1
1977	1978	12/12/1977	142,4
1982	1983	10/02/1983	103,6
1992	1993	09/10/1992	68,9
1993	1994	17/01/1994	92,1
1994	1995	15/03/1995	84,6
1995	1996	15/09/1996	77,8
1996	1997	05/11/1996	95,7
1997	1998	09/12/1997	68,1
1998	1999	09/06/1999	120,7
1999	2000	22/11/1999	94,4
2000	2001	18/12/2000	130,4
2002	2003	27/12/2002	79,4
2003	2004	06/01/2004	182,2
2004	2005	01/02/2005	93,8
2005	2006	01/04/2006	115,0
2006	2007	11/12/2006	93,5
2007	2008	27/02/2008	70,0
2008	2009	15/11/2008	105,6
2009	2010	29/10/2009	135,9
2010	2011	28/04/2011	138,2
2011	2012	14/05/2012	114,8

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Vitória-ES

5 Minutos / 1 Hora	15 Minutos/ 1 Hora	30 Minutos/ 1 Hora	1 Hora/ 24 Horas
0,21	0,46	0,70	0,38

2 Horas/ 24 Horas	4 Horas/ 24 Horas	8 Horas/ 24 Horas	14 Horas/ 24 Horas
0,51	0,65	0,78	0,89

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

Residência de Fortaleza

Av. Antonio Sales, 1.418 - Joaquim Távora
Fortaleza - CE - CEP: 60135-101
Tel.: 85 3246-1242 - Fax: 85 3246-1686

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