

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: Volta Redonda
Estação Pluviométrica: Volta Redonda
Código ANA: 02244041

 **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: Volta Redonda - RJ

**Estação Pluviométrica: Volta Redonda,
Código ANA 02244041**

**TERESINA
2016**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

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

Copyright @ 2016 CPRM – Residência de Teresina
Rua Goiás, 312 – Frei Serafim
Teresina - PI - 64.001-620
Telefone: 0(xx)(86)3222-4153
Fax: 0(xx)(86) 3223-6188
<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: Volta Redonda/RJ. Estação Pluviométrica: Volta Redonda, Código 02244041. Jean Ricardo da Silva do Nascimento; José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Teresina, PI: CPRM, 2016.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - NASCIMENTO, J. R. S.; FARIAS J. A. M.; 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

Luiz Gonzaga Baião

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Oswaldo Castanheira

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Stenio 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

Eduardo Santa Helena

RESIDÊNCIA DE TERESINA

Francisco Roberio Batista Almeida
Chefe da Residência

Carlos Antonio da Luz
Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial

Elizangela Soares Amaral
Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Francisca de Paula da Silva Braga
Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Thiago Moraes Sousa
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

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 Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Merês Furtunato - Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Celina Monteiro – Sureg/BE

Eliane Cristina Godoy Moreira - Sureg/SP

Jennifer Laís Assano - Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira - Sureg/SP

Juliana Oliveira - Sureg/BE

Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso - Sureg/GO

Eliamara Soares Silva – RETE

Estagiários de Hidrologia

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior - Sureg/MA

Diovana Daus Borges Fortes - Sureg/PA

Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes - Sureg/BH

Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE

Glauco Leite de Freitas – Sureg/RE

João Paulo Lopes Chaves Miranda - Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros - Sureg/RE

Liomar Santos da Hora - Sureg/SA

Lêmia Ribeiro - Sureg/SA

Márcia Faermann - Sureg/PA

Mariana Carolina Lima de Oliveira - Sureg/BH

Mayara Luiza de Menezes Oliveira - Sureg/MA

Nayara de Lima Oliveira - Sureg/GO

Pedro da Silva Junqueira - Sureg/PA

Rosângela de Castro – Sureg/SP

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero - Sureg/GO

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 Volta Redonda/RJ em que foi utilizada a estação pluviométrica Volta Redonda, código 02244041.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Volta Redonda/RJ e regiões circunvizinhas.

O município de Volta Redonda está localizado no Estado do Rio de Janeiro, na mesorregião sul fluminense, fazendo fronteira com os municípios Barra do Piraí, Barra Mansa, Pinheiral, Piraí e Rio Claro. Possui área de 182,483 km² (IBGE). Segundo o IBGE, apresenta no ano de 2015 uma população estimada de 262.970 habitantes.

A Estação Volta Redonda, Código ANA 02244041, está localizada na Latitude 22°30'05,41''S e Longitude 44°05'29,39''W, dentro do município de Volta Redonda/RJ. Essa estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1943, estando atualmente sob a responsabilidade da ANA e operada pela CPRM. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

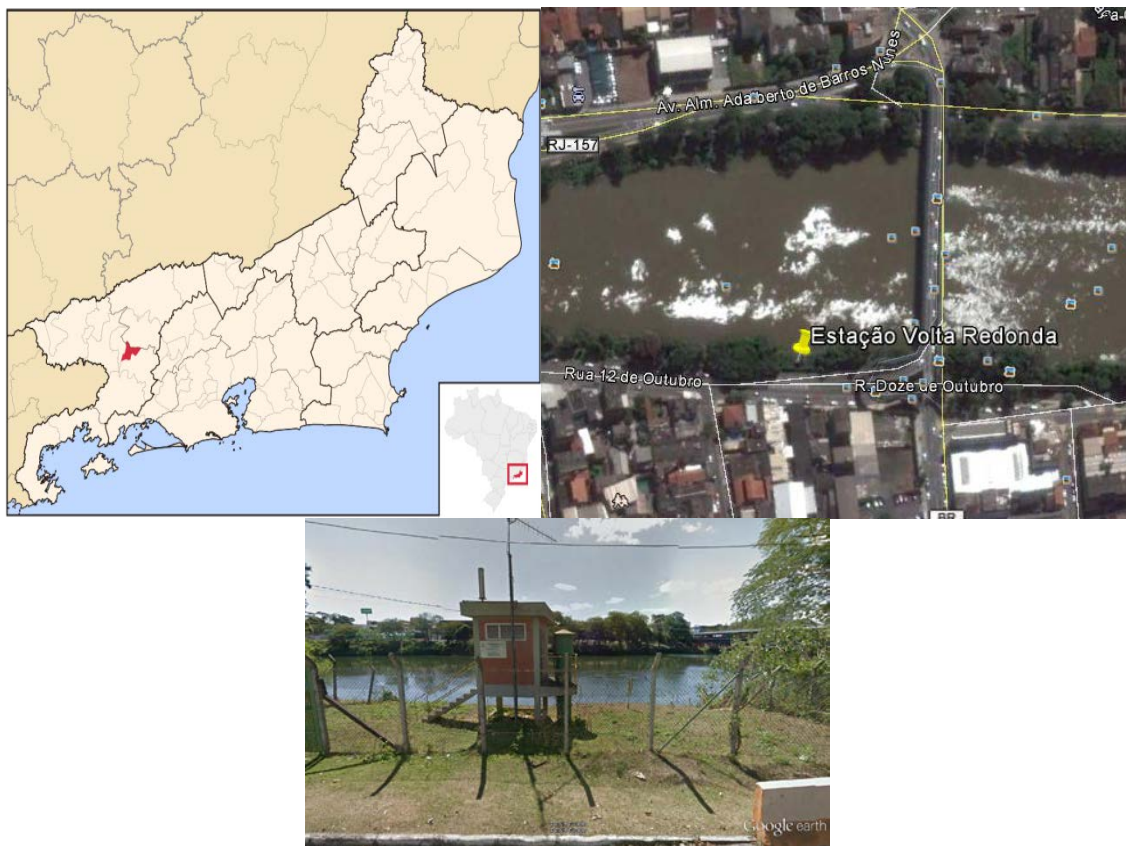


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fontes: Wikipédia e Google Earth, 2016)

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 Volta Redonda, Código ANA 02244041, 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 Exponencial, 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 a estação Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro (Vide Anexo II).

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

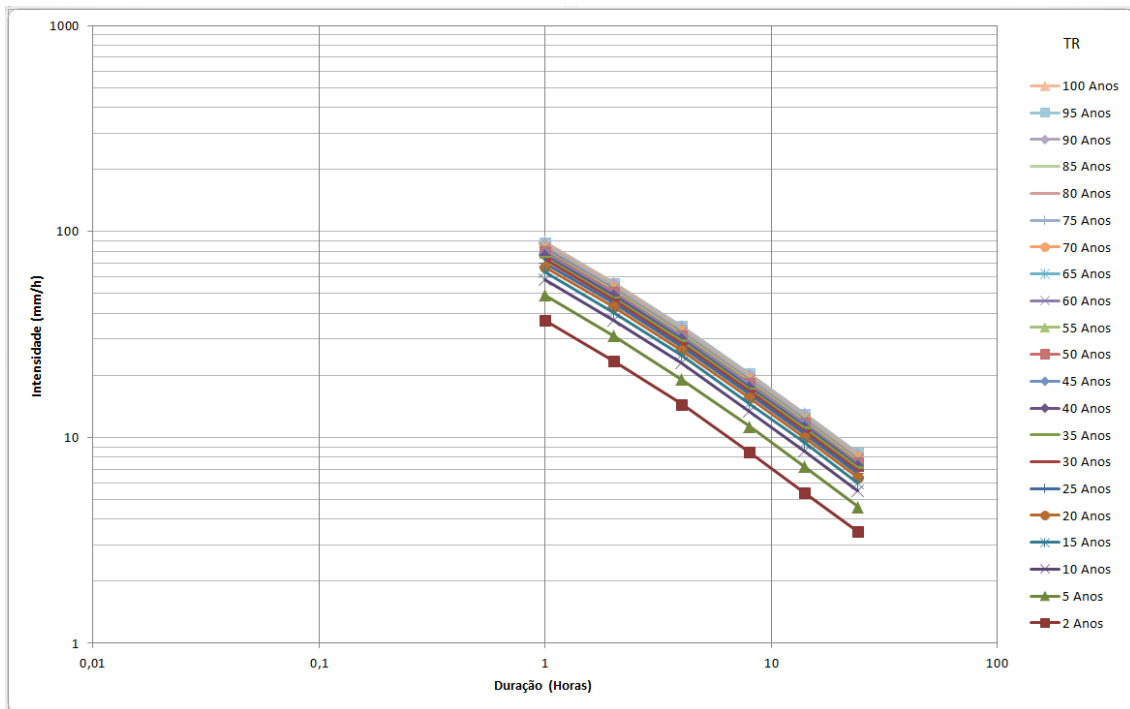


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 da Estação Volta Redonda, para durações de 1 hora a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 5,3880; b = 11,1944; c = 13,2101; d = 27,4398 \text{ e } \delta = 1,4$$

$$i = \{[(5,3880 \ln(T) + 11,1944) \cdot \ln(t + (1,4/60))] + 13,2101 \ln(T) + 27,4398\} / t \quad (02)$$

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, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
1 HORA	36,9	49,1	58,4	63,8	67,6	70,6	76,9	79,9	82,3	85,3	87,7	89,1
2 HORAS	23,6	31,4	37,2	40,7	43,1	45,0	49,0	50,9	52,5	54,4	55,9	56,8
3 HORAS	17,7	23,6	28,0	30,6	32,4	33,8	36,8	38,3	39,4	40,9	42,0	42,7
4 HORAS	14,3	19,1	22,7	24,8	26,3	27,4	29,9	31,0	32,0	33,1	34,1	34,6
5 HORAS	12,1	16,2	19,2	21,0	22,2	23,2	25,3	26,2	27,0	28,0	28,8	29,3
6 HORAS	10,6	14,1	16,7	18,3	19,3	20,2	22,0	22,8	23,5	24,4	25,1	25,5
7 HORAS	9,4	12,5	14,8	16,2	17,2	17,9	19,5	20,3	20,9	21,7	22,3	22,6
8 HORAS	8,5	11,3	13,4	14,6	15,5	16,2	17,6	18,3	18,8	19,5	20,1	20,4
12 HORAS	6,1	8,2	9,7	10,6	11,2	11,7	12,8	13,3	13,7	14,2	14,6	14,8
14 HORAS	5,4	7,2	8,6	9,4	9,9	10,4	11,3	11,7	12,1	12,5	12,9	13,1
20 HORAS	4,1	5,4	6,4	7,0	7,4	7,8	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	9,8
24 HORAS	3,5	4,7	5,5	6,0	6,4	6,7	7,3	7,6	7,8	8,1	8,3	8,4

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração de Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
1 HORA	36,9	49,1	58,4	63,8	67,6	70,6	76,9	79,9	82,3	85,3	87,7	89,1
2 HORAS	47,1	62,7	74,5	81,4	86,3	90,1	98,1	101,9	105,0	108,8	111,9	113,7
3 HORAS	53,1	70,7	84,0	91,7	97,3	101,5	110,5	114,8	118,3	122,6	126,1	128,1
4 HORAS	57,4	76,4	90,7	99,1	105,1	109,7	119,4	124,0	127,8	132,4	136,2	138,4
5 HORAS	60,7	80,8	96,0	104,8	111,1	116,0	126,3	131,2	135,2	140,1	144,1	146,4
6 HORAS	63,4	84,4	100,2	109,5	116,1	121,2	132,0	137,1	141,2	146,3	150,5	152,9
7 HORAS	65,7	87,4	103,9	113,5	120,3	125,6	136,7	142,0	146,3	151,6	156,0	158,5
8 HORAS	67,7	90,1	107,0	116,9	123,9	129,4	140,9	146,3	150,8	156,2	160,7	163,3
12 HORAS	73,7	98,1	116,5	127,3	135,0	140,9	153,4	159,4	164,2	170,2	175,0	177,8
14 HORAS	76,0	101,2	120,2	131,3	139,2	145,3	158,2	164,3	169,3	175,5	180,5	183,4
20 HORAS	81,3	108,2	128,6	140,5	148,9	155,5	169,3	175,8	181,2	187,7	193,1	196,2
24 HORAS	84,1	111,9	132,9	145,2	153,9	160,7	174,9	181,7	187,2	194,0	199,5	202,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Volta Redonda, foi registrada uma Chuva de 82,3 mm com duração de 01 hora, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial urbana 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 82,3 mm dividido por 01 h é igual a 82,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \exp \left[\frac{82,3 \times 1,0 - 11,1944 \ln(t + (1,4/60)) - 27,4398}{5,3880 \ln(t + (1,4/60)) + 13,2101} \right] = 60 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 60 anos corresponde a uma probabilidade de 1,67% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 82,3 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{60} 100 = 1,67\%$$

O evento ocorrido apresenta um tempo de retorno de 60 anos, o qual é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem urbana de Volta Redonda, 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.

DAEE. *Precipitações Intensas no Estado de São Paulo*. Departamento de Águas e Energia Elétrica DAEE / Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos - USP, Dezembro de 2013.

FENDRICH, R. *Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná*. 3ª Edição Ampliada. Curitiba-PR, 2011.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. *Cidades*. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330630&search=rio-de-janeiro|volta-redonda>. Acesso em março de 2016.

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. Bello Horizonte. Mar., 2013.

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

WIKIPEDIA, 2016. *Ficheiro – Rio de Janeiro – Município: Volta Redonda*. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Volta_Redonda. Acesso em março de 2016.

ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico

Data	P Max Diária	Data	P Max Diária
19/02/1944	63,00	12/11/1980	60,60
20/01/1945	80,30	09/03/1982	62,80
29/12/1945	94,80	03/12/1982	70,00
14/03/1947	100,40	24/10/1983	130,20
15/03/1948	58,40	25/01/1985	115,00
23/02/1949	108,00	20/03/1986	45,00
28/10/1949	79,90	20/12/1986	90,60
12/03/1951	114,00	20/02/1988	115,40
13/02/1952	65,00	14/01/1989	118,00
13/03/1953	64,50	20/03/1990	116,00
03/12/1953	58,70	25/03/1991	82,00
16/01/1955	53,00	24/01/1992	115,01
07/12/1955	95,20	20/01/1993	90,30
10/01/1957	66,70	15/05/1994	85,30
06/02/1958	75,80	08/12/1994	225,30
12/12/1958	64,10	17/03/1996	150,20
31/10/1959	54,60	04/03/1997	74,50
29/11/1960	76,80	09/02/1998	72,70
08/01/1962	79,40	23/03/1999	104,90
29/10/1962	62,70	17/02/2000	75,50
11/11/1963	63,70	26/11/2000	43,90
17/02/1965	97,30	30/01/2002	63,40
12/03/1966	75,40	09/03/2003	91,00
23/01/1967	74,30	24/02/2004	63,10
24/01/1968	53,70	07/11/2004	68,70
12/01/1969	56,20	11/12/2005	95,40
27/02/1971	87,60	28/01/2006	95,41
23/02/1972	71,10	12/02/2007	89,10
18/01/1973	75,20	13/01/2008	60,90
22/03/1974	55,20	14/11/2008	81,40
02/03/1975	84,00	25/01/2010	68,60
14/04/1976	83,00	06/12/2010	93,10
07/01/1977	74,00	09/01/2012	60,80
07/02/1978	62,00	25/07/2013	79,70
06/02/1979	80,00	09/03/2014	64,70
31/10/1979	80,01	23/03/2015	61,10

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações utilizadas para a desagregação dos quantis diários foram obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para a estação Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,91	0,81	0,69	0,56	0,44

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 Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul
Teresina - PI - CEP: 64001-570
Tel.: 86 3222-4153 - Fax: 86 3222-6651

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