

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA
GEOLOGIA, DA MINERAÇÃO E DA
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro
Município: Nilópolis
Estação Pluviométrica: Bangu
Código ANA: 02243141

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2014

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

**PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

LEVANTAMENTOS 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: Nilópolis/RJ

**Estação Pluviométrica: Bangu
Códigos: 02243141 (ANA) e 83790 (INMET)**

**PORTO ALEGRE
2014**

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

CARTAS 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
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa
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 (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Nilópolis. Estação Pluviométrica: Bangu Códigos: 02243141 (ANA) 83790 (INMET). Adriana B. Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2014.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II -

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

Edison Lobão

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

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

Jean Ricardo da Silvado Nascimento -RETE

Margarida Regueira da Costa-Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato -Sureg/SA

Vanesca Sartorelli Medeiros -Sureg/SP

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida-Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel – REFO

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

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

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – 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

Ivo Cleiton Costa Bonfim -REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda-Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros -Sureg/RE

Liomar Santos da Hora-Sureg/SA

Lemia 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

Rosangela de Castro – Sureg/SP

Taciana dos Santos Lima–RETE

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero-Sureg/GO

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão Estratégica da Geologia, da Transformação Mineral 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 Nilópolis onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas anuais da estação pluviométrica de Bangu, códigos 02243141 (ANA) e 83790 (INMET). Esta estação está localizada a 7 km da sede do município de Nilópolis.

1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Nilópolis está localizado no estado do Rio de Janeiro, na Latitude $22^{\circ}48'22''$ S e Longitude $43^{\circ}00'00''$ W, a 36 km de São Paulo capital do estado. O município possui área de 19 Km² e localiza-se a uma altitude de 17 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 157.425 habitantes.

A estação de Bangu, código 02243141, está localizada na Latitude $22^{\circ}52'00''$ S e Longitude $43^{\circ}27'00''$ W; insere-se na sub-bacia 59, sub-bacia dos rios Macaé, São João e outros, mais especificamente na Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro.

A estação pluviométrica localiza-se aproximadamente a 7 km da sede do município de Nilópolis e é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Encontra-se em operação desde 1918 e os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro convencional.

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

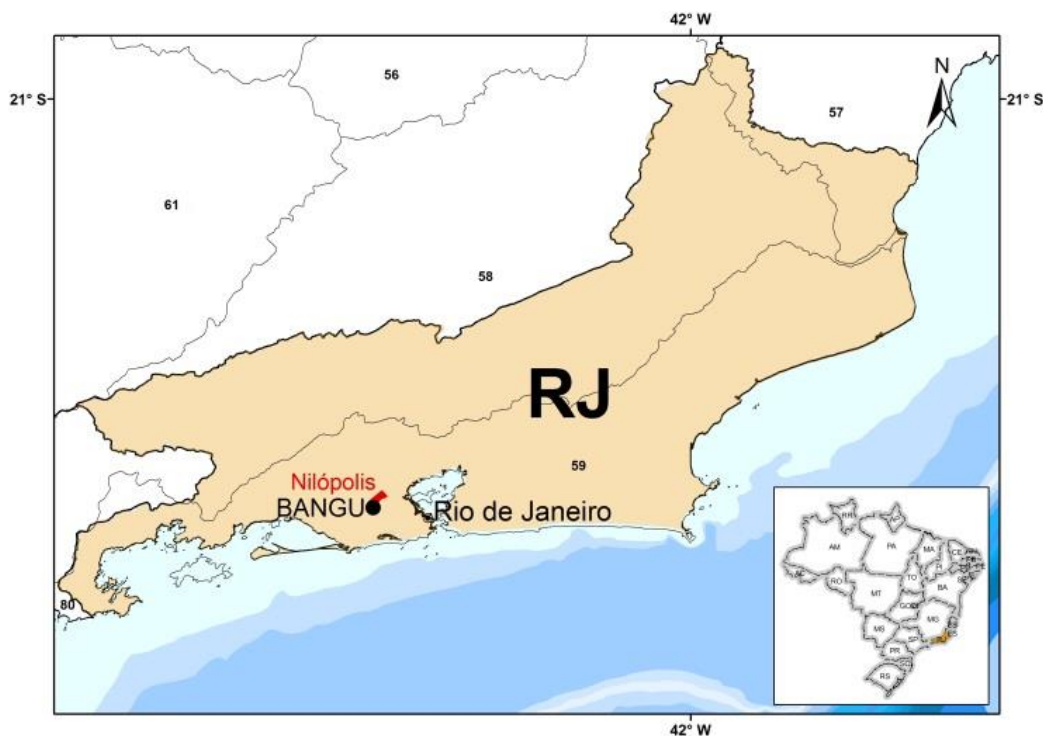


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

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 Bangu código 02243141, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 31/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 estação de Bangu, localizada no município do Rio de Janeiro, no mesmo local da estação desagregada Bangu. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

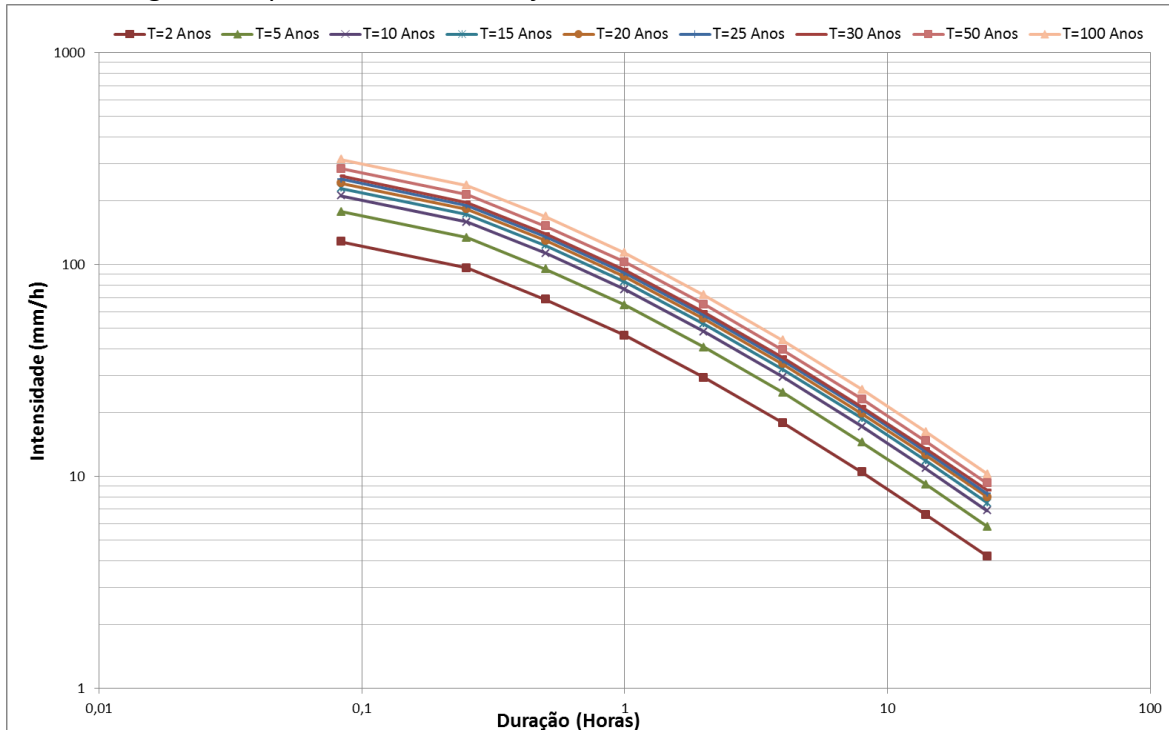


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são do tipo:

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

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 e δ são parâmetros da equação

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

$$5 \text{ min} \leq t \leq 24 \text{ h}$$

$$a = 6,482; b = 14,0574; c = 16,6128; d = 36,0595 \text{ e } \delta = 3,3$$

$$i = \left\{ \left[(6,482 \ln(T) + 14,0574) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{3,3}{60}\right)\right) \right] + 16,6128 \ln(T) + 36,0595 \right\} / t \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 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, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	130,6	172,2	203,8	222,2	235,3	245,5	253,8	266,8	277	285,3	295,4	303,7	308,5
10 Minutos	117,8	155,4	183,9	200,5	212,4	221,5	229	240,8	250	257,5	266,7	274,2	278,5
15 Minutos	102,2	134,9	159,6	174	184,3	192,3	198,8	209	217	223,5	231,4	237,9	241,7
20 Minutos	90,1	118,9	140,7	153,4	162,5	169,5	175,2	184,3	191,3	197	204	209,8	213,1
30 Minutos	73,3	96,8	114,5	124,9	132,2	137,9	142,6	150	155,7	160,4	166,1	170,7	173,4
45 Minutos	58,1	76,6	90,7	98,9	104,8	109,3	113	118,8	123,3	127	131,6	135,3	137,4
1 HORA	48,6	64,1	75,9	82,7	87,6	91,4	94,5	99,4	103,2	106,3	110	113,1	114,9
2 HORAS	30,5	40,2	47,6	51,9	55	57,3	59,3	62,3	64,7	66,7	69	71	72,1
3 HORAS	22,8	30	35,6	38,8	41,1	42,8	44,3	46,6	48,4	49,8	51,6	53	53,9
4 HORAS	18,4	24,3	28,7	31,3	33,2	34,6	35,8	37,6	39,1	40,2	41,7	42,8	43,5
5 HORAS	15,5	20,5	24,3	26,5	28	29,2	30,2	31,8	33	34	35,2	36,2	36,7
6 HORAS	13,5	17,8	21,1	23	24,4	25,4	26,3	27,6	28,7	29,5	30,6	31,4	31,9
7 HORAS	12	15,8	18,7	20,4	21,6	22,5	23,3	24,5	25,4	26,2	27,1	27,9	28,3
8 HORAS	10,8	14,2	16,8	18,4	19,5	20,3	21	22,1	22,9	23,6	24,4	25,1	25,5
12 HORAS	7,8	10,3	12,2	13,3	14,1	14,7	15,2	16	16,6	17,1	17,7	18,2	18,5
14 HORAS	6,9	9,1	10,8	11,8	12,5	13	13,4	14,1	14,7	15,1	15,6	16,1	16,3
20 HORAS	5,2	6,8	8,1	8,8	9,3	9,7	10	10,6	11	11,3	11,7	12	12,2
24 HORAS	4,4	5,9	6,9	7,6	8	8,4	8,6	9,1	9,4	9,7	10,1	10,3	10,5

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
5 Minutos	10,9	14,4	17,0	18,5	19,6	20,5	21,1	22,2	23,1	23,8	24,6	25,3	25,7
10 Minutos	19,6	25,9	30,6	33,4	35,4	36,9	38,2	40,1	41,7	42,9	44,4	45,7	46,4
15 Minutos	25,5	33,7	39,9	43,5	46,1	48,1	49,7	52,3	54,2	55,9	57,9	59,5	60,4
20 Minutos	30,0	39,6	46,9	51,1	54,2	56,5	58,4	61,4	63,8	65,7	68,0	69,9	71,0
30 Minutos	36,7	48,4	57,2	62,4	66,1	69,0	71,3	75,0	77,8	80,2	83,0	85,4	86,7
45 Minutos	43,6	57,5	68,0	74,2	78,6	82,0	84,7	89,1	92,5	95,3	98,7	101,4	103,0
1 HORA	48,6	64,1	75,9	82,7	87,6	91,4	94,5	99,4	103,2	106,3	110,0	113,1	114,9
2 HORAS	60,9	80,4	95,2	103,8	109,9	114,7	118,6	124,7	129,4	133,3	138,1	141,9	144,2
3 HORAS	68,3	90,1	106,7	116,4	123,2	128,5	132,9	139,7	145,1	149,4	154,7	159,1	161,6
4 HORAS	73,5	97,1	114,9	125,3	132,7	138,4	143,1	150,5	156,2	160,9	166,6	171,3	174,0
5 HORAS	77,6	102,5	121,3	132,3	140,1	146,1	151,1	158,9	164,9	169,9	175,9	180,9	183,7
6 HORAS	81,0	106,9	126,5	138,0	146,1	152,4	157,6	165,7	172,0	177,2	183,5	188,7	191,6
7 HORAS	83,8	110,6	130,9	142,8	151,2	157,8	163,1	171,5	178,1	183,4	189,9	195,3	198,3
8 HORAS	86,3	113,9	134,8	147,0	155,7	162,4	167,9	176,6	183,3	188,8	195,5	201,0	204,2
12 HORAS	93,8	123,8	146,5	159,7	169,2	176,5	182,4	191,9	199,2	205,1	212,5	218,4	221,9
14 HORAS	96,6	127,5	150,9	164,6	174,3	181,8	188,0	197,7	205,2	211,4	218,9	225,1	228,6
20 HORAS	103,2	136,2	161,2	175,8	186,2	194,2	200,8	211,2	219,2	225,8	233,9	240,4	244,2
24 HORAS	106,6	140,7	166,5	181,6	192,3	200,6	207,4	218,1	226,4	233,2	241,5	248,3	252,2

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Nilópolis, foi registrada uma Chuva de 60 mm 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 60 mm dividido por 0,25 h é igual a 240 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \exp \left[\frac{240 \cdot 0,25 - 14,0574 \ln(0,25 + (3,3/60)) - 36,0595}{6,482 \ln(0,25 + (3,3/60)) + 16,6128} \right] = 95,3 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 95,3 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,05%, ou

$$P(i \geq 240 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{95,3} 100 = 1,05\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 06 de fevereiro de 2014.

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.

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)
1961	1962	15/01/62	97,4
1962	1963	29/03/63	37,9
1963	1964	02/02/64	54,7
1964	1965	17/12/64	79,9
1965	1966	26/03/66	149,2
1966	1967	18/03/67	139
1967	1968	15/02/68	53,8
1968	1969	02/04/69	107,2
1969	1970	08/12/69	51,8
1975	1976	25/12/75	65,2
1980	1981	16/04/81	76,0
1981	1982	02/01/82	108,0
1982	1983	19/03/83	92,7
1983	1984	21/01/84	50,7
1984	1985	24/01/85	115,0
1985	1986	15/04/86	71,0
1986	1987	24/01/87	76,8
1987	1988	02/02/88	184,0
1988	1989	10/06/89	126,0
1989	1990	19/12/89	86,0
1990	1991	28/03/91	126,0
1991	1992	04/01/92	135,0
1992	1993	08/10/92	60,2
1993	1994	26/04/94	138,0
1994	1995	19/08/95	69,4
1995	1996	13/02/96	151,6
1996	1997	20/11/96	83,0
1997	1998	07/01/98	93,2

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para estação de Bangu, localizada no município do Rio de Janeiro/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,83	0,71	0,58	0,46

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,74	0,52	0,23

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral 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

