

**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: Carmo - RJ**

**Estação Pluviométrica: Carmo  
Códigos: 02142053 (ANA) /83807 (OMM)**

**PORTO ALEGRE  
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 Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2016 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza  
Porto Alegre - RS - 90.840-030  
Telefone: 0(xx)(51) 3406-7300  
Fax: 0(xx)(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: Carmo/RJ. Estação Pluviométrica: Carmo, Códigos 02142053 (ANA) e 83807 (OMM). Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2016.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II -  
WESCHENFELDER, A.B.; 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**

Marco Antônio Martins Almeida

**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 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**

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 Silvado Nascimento – RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Oswalcélio 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 Carmo/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Carmo, códigos 02142053 (ANA) e 83807 (OMM), localizada no referido município.

## 1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Carmo.

O município do Carmo está localizado no estado do Rio de Janeiro, na região serrana, na fronteira com o estado de Minas Gerais e está inserido na sub-bacia 58, do Rio Paraíba do Sul. O município possui uma área aproximada de 325 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude aproximada de 308 metros. A população de Carmo, segundo IBGE (2010), é de 17.434 habitantes.

A estação Carmo, códigos 02142053 (ANA) e 83807 (OMM), operada pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) está localizada na Latitude 21°56'07,7"S e Longitude 042°36'20,1" O, a uma distância aproximada de 1 km da sede do município de Carmo. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1913 e o período de dados pluviométricos utilizado foi de 1965 a 1998. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

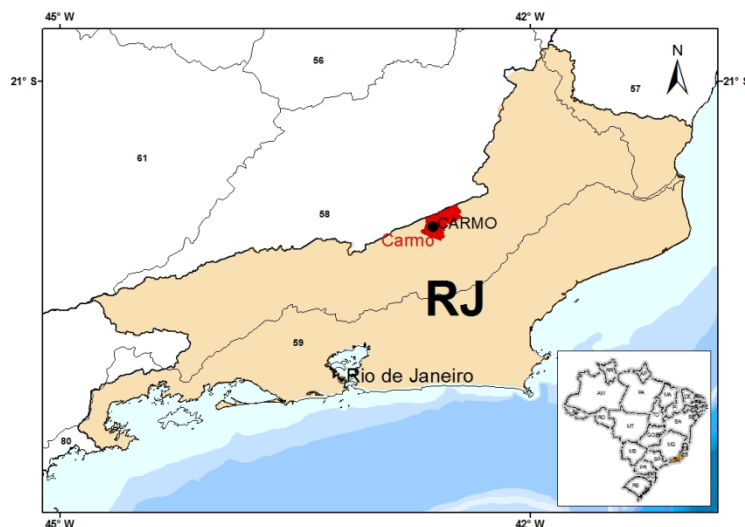


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

## 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 Carmo, códigos 02142053 (ANA) e 83807 (OMM), 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 GEV (Generalizada de Valores Extremos), 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 equações IDF regionais estabelecidas pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM (Davis & Naghettini, 2001) para a Região Homogênea 1. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

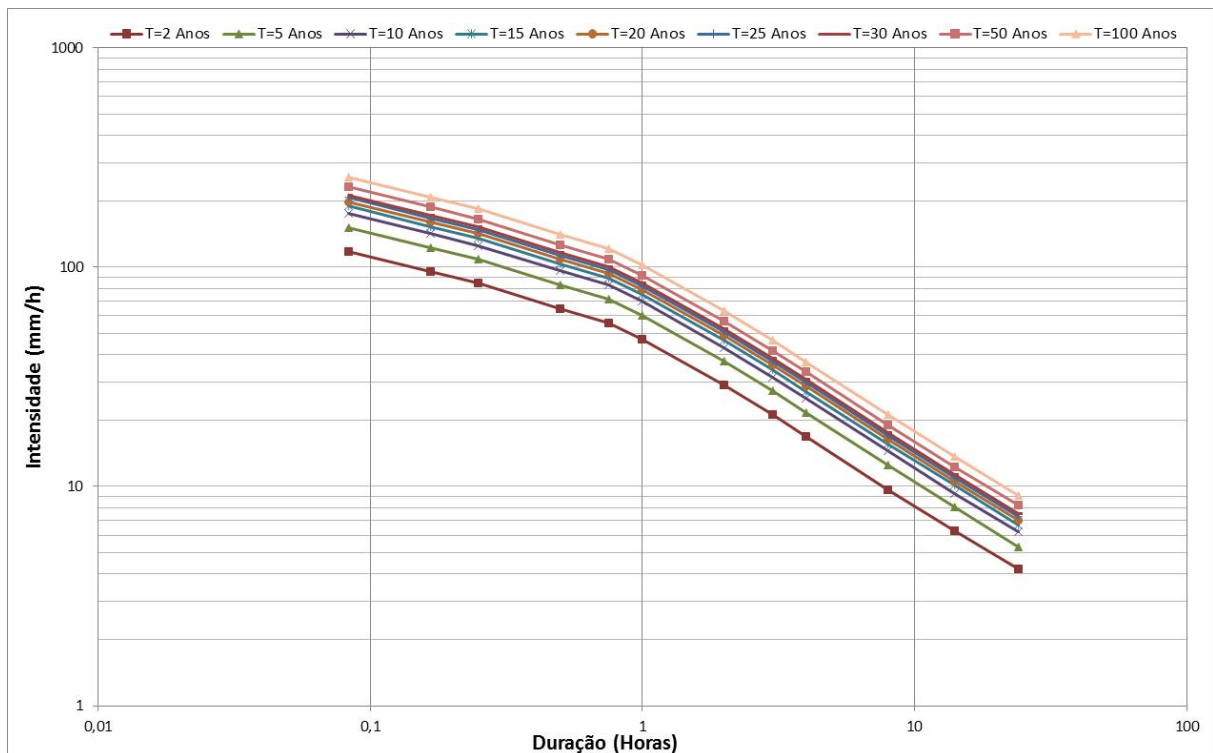


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Carmo, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

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

$$a = 1743,0; b = 0,1864; c = 23,4 \text{ e } d = 0,8394;$$

$$i = \frac{1743,0T^{0,1864}}{(t+23,4)^{0,8394}} \quad (02)$$

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, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	119,5	141,8	161,4	174,0	183,6	191,4	198,0	208,9	217,8	225,3	234,9	243,0	247,8
10 Minutos	104,3	123,8	140,8	151,9	160,2	167,0	172,8	182,3	190,1	196,7	205,0	212,1	216,3
15 Minutos	92,8	110,1	125,3	135,1	142,5	148,6	153,7	162,2	169,1	174,9	182,4	188,7	192,4
20 Minutos	83,7	99,3	113,0	121,9	128,6	134,1	138,7	146,4	152,6	157,8	164,6	170,2	173,6
30 Minutos	70,4	83,5	95,0	102,4	108,1	112,7	116,6	123,0	128,2	132,6	138,3	143,0	145,9
45 Minutos	57,2	67,8	77,2	83,2	87,8	91,5	94,7	99,9	104,1	107,7	112,3	116,2	118,5
1 HORA	48,4	57,4	65,3	70,5	74,3	77,5	80,2	84,6	88,2	91,2	95,1	98,4	100,3
2 HORAS	30,7	36,4	41,4	44,7	47,2	49,2	50,9	53,7	55,9	57,9	60,3	62,4	63,7
3 HORAS	22,9	27,2	30,9	33,3	35,2	36,7	37,9	40,0	41,7	43,2	45,0	46,6	47,5
4 HORAS	18,4	21,9	24,9	26,8	28,3	29,5	30,5	32,2	33,6	34,7	36,2	37,5	38,2
5 HORAS	15,5	18,4	20,9	22,6	23,8	24,8	25,7	27,1	28,3	29,2	30,5	31,5	32,2
6 HORAS	13,4	16,0	18,2	19,6	20,7	21,5	22,3	23,5	24,5	25,4	26,4	27,3	27,9
7 HORAS	11,9	14,1	16,1	17,3	18,3	19,1	19,7	20,8	21,7	22,4	23,4	24,2	24,7
8 HORAS	10,7	12,7	14,4	15,6	16,4	17,1	17,7	18,7	19,5	20,2	21,0	21,8	22,2
12 HORAS	7,7	9,2	10,4	11,2	11,8	12,4	12,8	13,5	14,1	14,5	15,2	15,7	16,0
14 HORAS	6,8	8,1	9,2	9,9	10,5	10,9	11,3	11,9	12,4	12,8	13,4	13,8	14,1
20 HORAS	5,1	6,0	6,9	7,4	7,8	8,1	8,4	8,9	9,3	9,6	10,0	10,3	10,5
24 HORAS	4,4	5,2	5,9	6,4	6,7	7,0	7,2	7,6	8,0	8,2	8,6	8,9	9,1

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	10,0	11,8	13,4	14,5	15,3	16,0	16,5	17,4	18,2	18,8	19,6	20,3	20,7
10 Minutos	17,4	20,6	23,5	25,3	26,7	27,8	28,8	30,4	31,7	32,8	34,2	35,3	36,1
15 Minutos	23,2	27,5	31,3	33,8	35,6	37,1	38,4	40,5	42,3	43,7	45,6	47,2	48,1
20 Minutos	27,9	33,1	37,7	40,6	42,9	44,7	46,2	48,8	50,9	52,6	54,9	56,7	57,9
30 Minutos	35,2	41,7	47,5	51,2	54,0	56,3	58,3	61,5	64,1	66,3	69,1	71,5	72,9
45 Minutos	42,9	50,9	57,9	62,4	65,8	68,6	71,0	74,9	78,1	80,8	84,2	87,2	88,9
1 HORA	48,4	57,4	65,3	70,5	74,3	77,5	80,2	84,6	88,2	91,2	95,1	98,4	100,3
2 HORAS	61,4	72,8	82,9	89,4	94,3	98,3	101,7	107,3	111,9	115,8	120,7	124,9	127,3
3 HORAS	68,7	81,5	92,7	100,0	105,5	110,0	113,8	120,1	125,2	129,5	135,0	139,7	142,4
4 HORAS	73,7	87,5	99,5	107,3	113,2	118,1	122,1	128,9	134,3	139,0	144,9	149,9	152,9
5 HORAS	77,6	92,0	104,7	112,9	119,2	124,2	128,5	135,6	141,3	146,2	152,4	157,7	160,8
6 HORAS	80,7	95,7	108,9	117,5	123,9	129,2	133,7	141,0	147,0	152,1	158,6	164,1	167,3
7 HORAS	83,3	98,8	112,5	121,3	128,0	133,4	138,0	145,6	151,8	157,1	163,8	169,4	172,8
8 HORAS	85,6	101,6	115,6	124,6	131,5	137,1	141,8	149,6	156,0	161,4	168,2	174,0	177,5
12 HORAS	92,6	109,8	125,0	134,8	142,2	148,2	153,4	161,8	168,7	174,5	181,9	188,2	191,9
14 HORAS	95,3	113,0	128,6	138,7	146,3	152,5	157,8	166,5	173,6	179,6	187,2	193,7	197,5
20 HORAS	101,6	120,5	137,1	147,9	156,0	162,6	168,3	177,5	185,1	191,5	199,6	206,5	210,6
24 HORAS	104,9	124,4	141,5	152,7	161,1	167,9	173,7	183,3	191,1	197,7	206,1	213,2	217,4

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Carmo, foi registrada uma chuva de 80 mm com duração de 45 minutos. 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, 80 mm dividido por 45 minutos é igual a 106,7 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:*

$$T = \left[ \frac{106,7(45 + 23,4)^{0,8394}}{1743,0} \right]^{1/0,1864} = 56,9 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 56,9 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,8%, ou:*

$$P(i \geq 106,7 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{56,9} 100 = 1,8\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAVIS, E. G. & NAGHETTINI M.C. *Estudos de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro*. In: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, CD-ROM. 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330210>. 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.

## ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)  
Máximo por Ano Hidrológico (Outubro/Setembro)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1960	1961	26/01/61	89,0
1961	1962	04/12/61	88,4
1962	1963	29/12/62	103,0
1963	1964	03/09/64	68,0
1964	1965	14/12/64	83,4
1965	1966	14/01/66	80,2
1966	1967	19/02/67	105,6
1967	1968	16/11/67	91,2
1968	1969	03/03/69	141,0
1969	1970	29/04/70	84,2
1974	1975	01/07/75	55,2
1975	1976	28/11/75	65,6
1976	1977	18/12/76	112,2
1978	1979	15/02/79	133,0
1979	1980	02/01/80	66,2
1980	1981	12/11/80	164,0
1981	1982	03/01/82	80,4
1982	1983	31/12/82	64,9
1984	1985	26/02/85	75,9
1985	1986	28/12/85	146,4
1987	1988	28/11/87	110,0
1988	1989	14/12/88	67,1
1989	1990	21/12/89	82,7
1991	1992	10/12/91	108,0
1992	1993	05/11/92	130,8
1993	1994	10/12/93	63,8
1994	1995	24/12/94	83,8
1995	1996	19/11/95	95,8
1996	1997	06/01/97	110,0
1997	1998	20/02/98	65,8

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Davis & Naghettini (2001) para a Região Homogênea 1

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,88	0,78	0,68	0,64	0,58	0,47

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,89	0,69	0,45	0,34	0,21