

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: Santos

Estação Pluviográfica: Vicente de Carvalho

Código ANA: 02346089

Código DAEE-SP: E3-045R

 **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**

**CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE  
A MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL  
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA**

**Município: Santos**

**Estação Pluviográfica: Vicente de Carvalho  
Códigos: ANA 02346089 e DAEE E3-045R**

**Equação Definida por Martinez e Magni (2013)**

**PORTO ALEGRE  
2013**

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2013 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Tristeza  
Porto Alegre - RS - 90840-030  
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.  
Município: Santos. Estação Pluviográfica: Vicente de Carvalho, Códigos ANA  
02346089/DAEE E3-045R. Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto –  
Porto Alegre: CPRM, 2013.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – PICKBRENNER, K. e  
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**

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 Andriotti*  
**Superintendente**

*Marcos Alexandre de Freitas*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*João Angelo Toniolo*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Ana Cláudia 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

Andrea de Oliveira Germano - Sureg/PA

Jean Ricardo da Silva do 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

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**

Carolina Macalos – Sureg/PA

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 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 por Martinez e Magni (2013), onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Vicente de Carvalho, código DAEE E3-045R e código ANA 02346089, localizada no município de Guarujá..



## 1 - INTRODUÇÃO

A equação apresentada pode ser utilizada no município de Guarujá e regiões circunvizinhas, incluindo o município de Santos.

Santos, localizado no litoral do estado de São Paulo e distante 56 km da capital paulista, é um município portuário sede da região metropolitana da Baixada Santista. Tem como municípios limítrofes Guarujá, Bertioga, Moji das Cruzes, Santo André, Cubatão e São Vicente. O município possui área de 280,674 km<sup>2</sup> e localiza-se na Latitude 23°57'15" S e Longitude 46°20'08". Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 419.400 habitantes.

A estação pluviográfica/pluviométrica Vicente de Carvalho, códigos E3-045R do DAEE e 02346089 da ANA está localizada na Latitude 23°56'S e Longitude 46°17'W (coordenadas indicadas no Inventário do HIDRO, Agencia Nacional de Águas) e insere-se na sub-bacia 80 (Litorâneas de São Paulo). Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos pluviogramas de um pluviógrafo Hellmann, modelo padrão DAEE. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

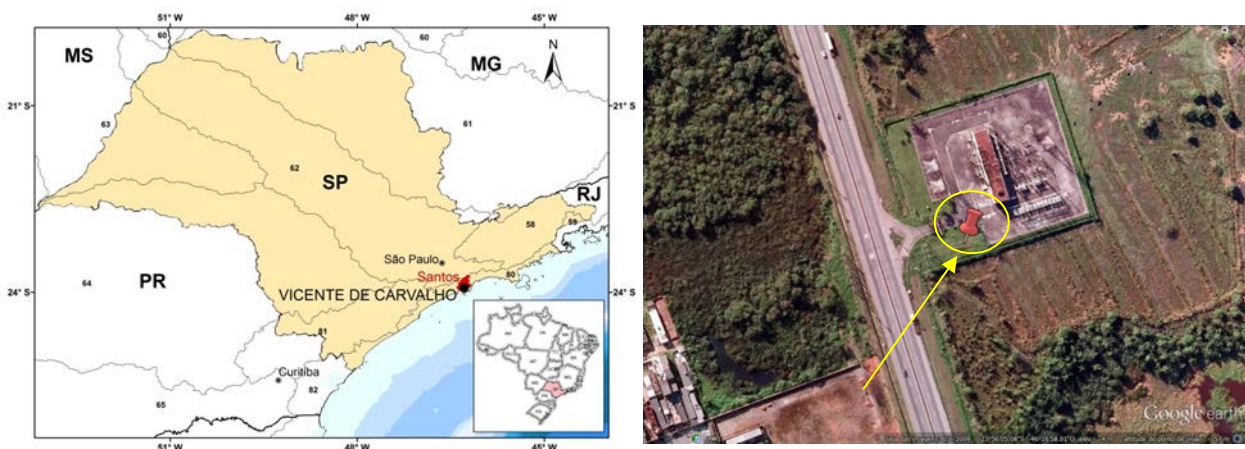


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica (Fonte: Google Earth, 2013)

## 2 - EQUAÇÃO

A equação IDF indicada para a cidade de Santos foi definida por Martinez e Magni (2013) e fornecida pelos autores antes da publicação, prevista para 2014. Para a elaboração desta equação foram utilizados os dados da estação Vicente de Carvalho, códigos E3-045R do DAEE e 02346089 da ANA. A estação, que se encontra a uma altitude de 3 metros, está



localizada em Guarujá, distante 5,7 km da sede do município de Santos. O período de dados utilizados no trabalho foram os seguintes: 1970; 1972-1975; 1977-2001 (30 anos).

A equação estabelecida é a seguinte:

$$i_{t,T} = 31,70261 \cdot (t+30)^{-0,81619} + 9,53659 \cdot (t+20)^{-0,81602} \cdot \{-0,483141 - 0,900056 \cdot \ln[\ln(T/(T-1))]\} \quad (01)$$

onde  $i$  é a intensidade da chuva (mm/min), correspondente a duração  $t$  (minutos) e período de retorno  $T$  (anos)

A equação é válida para durações entre  $10 \text{ min} \leq t \leq 1440 \text{ min}$ . A tabela 01 apresenta as intensidades calculadas em mm/h para diferentes durações e tempos de retorno.

Tabela 01 – Intensidades calculadas para a equação utilizada em Santos (mm/h)

T (anos)	Duração (minutos)														
	10	15	20	30	45	60	120	180	240	360	480	720	840	1080	1440
2	88,2	80,3	73,8	63,7	53,2	45,9	30,3	23	18,8	13,9	11,2	8,2	7,2	5,9	4,7
5	124,6	112,4	102,5	87,7	72,5	62,2	40,6	30,8	25	18,5	14,8	10,8	9,6	7,9	6,2
10	148,7	133,6	121,6	103,5	85,3	73,0	47,5	35,9	29,2	21,5	17,3	12,6	11,1	9,1	7,3
15	162,3	145,6	132,3	112,5	92,6	79,1	51,4	38,8	31,5	23,2	18,6	13,6	12	9,8	7,8
20	171,8	154	139,8	118,8	97,6	83,4	54,1	40,8	33,1	24,4	19,6	14,3	12,6	10,4	8,2
25	179,1	160,4	145,6	123,6	101,5	86,7	56,2	42,4	34,4	25,4	20,3	14,8	13,1	10,7	8,5
30	185,1	165,7	150,4	127,5	104,7	89,4	57,9	43,6	35,4	26,1	20,9	15,2	13,5	11,1	8,8
35	190,1	170,1	154,3	130,8	107,4	91,6	59,3	44,7	36,3	26,7	21,4	15,6	13,8	11,3	9,0
40	194,4	174,1	157,8	133,7	109,7	93,6	60,5	45,6	37	27,3	21,9	15,9	14,1	11,5	9,2
45	198,3	177,3	160,8	136,2	111,7	95,3	61,6	46,4	37,7	27,8	22,3	16,2	14,4	11,8	9,3
50	201,7	180,3	163,5	138,5	113,6	96,8	62,6	47,2	38,3	28,2	22,6	16,5	14,6	11,9	9,5
55	204,8	183,1	165,9	140,5	115,2	98,2	63,5	47,8	38,8	28,6	22,9	16,7	14,8	12,1	9,6
60	207,6	185,5	168,2	142,4	116,7	99,5	64,3	48,4	39,3	29	23,2	16,9	15	12,2	9,7
65	210,2	187,8	170,2	144,1	118,1	100,7	65	49	39,7	29,3	23,5	17,1	15,1	12,4	9,8
70	212,6	189,9	172,1	145,7	119,4	101,7	65,7	49,5	40,1	29,6	23,7	17,3	15,3	12,5	9,9
75	214,8	191,9	173,9	147,1	120,5	102,7	66,3	50	40,5	29,9	23,9	17,4	15,4	12,6	10,0
80	216,9	193,7	175,5	148,5	121,6	103,7	66,9	50,4	40,9	30,1	24,1	17,6	15,6	12,7	10,1
85	218,9	195,5	177,1	149,8	122,7	104,6	67,5	50,8	41,2	30,4	24,3	17,7	15,7	12,8	10,2
90	220,7	197,1	178,5	151	123,7	105,4	68,0	51,2	41,5	30,6	24,5	17,9	15,8	12,9	10,3
95	222,4	198,6	179,9	152,2	124,6	106,2	68,5	51,6	41,8	30,8	24,7	18	15,9	13	10,4
100	224,1	200,1	181,2	153,2	125,5	106,9	69	51,9	42,1	31	24,9	18,1	16	13,1	10,4

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=354850&search=s%E3o-paulo|santos>. Acesso em: dezembro de 2013.

MARTINEZ JUNIOR, F.; MAGNI, N. L. G. *Precipitações intensas para Guarujá: estação Vicente de Carvalho - E3-045R/DAEE*. São Paulo: DAEE; USP, 2013. (Inédito-Previsão de Publicação em 2014).

## 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 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](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

#### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

#### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)



**PAC**