

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: São Paulo
Município: Cubatão
Estação Pluviográfica: Piaçaguera
Código ANA: 02346076
Código DAEE: E3-038R

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2013

**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-FREQÜÊNCIA**

Município: Cubatão

**Estação Pluviográfica: Piaçaguera
Código: 02346076 e E3-038R**

Equação Definida por Martinez e Magni (1999)

**BELO HORIZONTE
2013**

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-FREQÜÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright @ 2013 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: (31) 3878-0337
Fax: (31) 3878-0322
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Cubatão. Equação Definida por Martinez e Magni (1999). Eber José de
Andrade Pinto – Belo Horizonte: CPRM, 2013.

08p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

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

Marco Antônio Fonseca
Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Márcio Antônio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Araújo Vieira
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Lindinalva Felipe
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 Silva do Nascimento - RETE

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Oswalcélio Merês 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 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). 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 gravitacionais de massa e inundação.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Cubatão por Martinez e Magni (1999), onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Piaçaguera, código DAEE E3-038R e código ANA 02346076.

1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Cubatão está localizado na Micro região de Santos e tem como municípios limítrofes Santo André, Santos, São Bernardo do Campo e São Vicente. O município possui área de 142,879 Km². Sua população, em 2013, segundo estimativa do IBGE, é de 125.178 habitantes.

O posto pluviográfico de Piaçaguera, código DAEE E3-038R e código ANA 02346076, está localizada na Latitude 23°52' S e Longitude 46°23' W, junto a estação ferroviária de Piaçaguera, com coordenadas geográficas 23°51'4,66" S e 46°22'25,99" W e, acesso pela Rodovia Cônego Domenico Rangoni, a SP-55. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo, a partir do site do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. Os dados foram extraídos 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, em Cubatão (Fonte: Google Earth e IBGE, 2013)

2 - EQUAÇÃO

A equação IDF para a cidade de Cubatão foi definida por Martinez e Magni (1999), onde foram utilizados os dados da estação Piaçaguera, código E3-038R (DAEE). A estação está a uma altitude de 5 m e as coordenadas geográficas são 23°52' de latitude sul e 46°23' de longitude oeste. O período de dados utilizados no trabalho foram os seguintes: 1972-90 e 1990-96 (24 anos).

A equação estabelecida é a seguinte:

$$i_{t,T} = 25,1025(t + 20)^{-0,7522} + 6,4266(t + 20)^{-0,7050}[-0,4772 - 0,9010\text{Ln}(\text{Ln}(T/(T - 1)))] \quad (1)$$

onde i é a intensidade da chuva (mm/min), correspondente à 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 com a equação de Cubatão (mm/h)

| T (anos) | Duração (minutos) | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 | 120 | 180 | 240 | 360 | 480 | 720 | 840 | 1080 | 1440 |
| 2 | 111,5 | 99,2 | 89,7 | 75,8 | 62,2 | 53,2 | 34,9 | 26,6 | 21,9 | 16,4 | 13,3 | 9,9 | 8,9 | 7,4 | 5,9 |
| 5 | 147,3 | 131,3 | 119 | 100,8 | 83 | 71,1 | 47 | 36 | 29,7 | 22,4 | 18,3 | 13,7 | 12,2 | 10,2 | 8,3 |
| 10 | 171 | 152,6 | 138,3 | 117,3 | 96,7 | 83 | 55 | 42,3 | 34,8 | 26,3 | 21,5 | 16,1 | 14,4 | 12,1 | 9,8 |
| 15 | 184,3 | 164,6 | 149,2 | 126,7 | 104,5 | 89,7 | 59,5 | 45,8 | 37,8 | 28,6 | 23,4 | 17,5 | 15,7 | 13,1 | 10,7 |
| 20 | 193,7 | 173 | 156,9 | 133,2 | 109,9 | 94,4 | 62,6 | 48,2 | 39,8 | 30,1 | 24,7 | 18,5 | 16,6 | 13,8 | 11,3 |
| 25 | 200,9 | 179,5 | 162,8 | 138,2 | 114,1 | 98 | 65,1 | 50,1 | 41,4 | 31,3 | 25,6 | 19,3 | 17,3 | 14,4 | 11,7 |
| 30 | 206,8 | 184,7 | 167,5 | 142,3 | 117,5 | 100,9 | 67 | 51,7 | 42,7 | 32,3 | 26,5 | 19,9 | 17,8 | 14,9 | 12,1 |
| 35 | 211,7 | 189,2 | 171,6 | 145,8 | 120,3 | 103,4 | 68,7 | 53 | 43,7 | 33,2 | 27,1 | 20,4 | 18,3 | 15,3 | 12,4 |
| 40 | 216 | 193 | 175,1 | 148,7 | 122,8 | 105,5 | 70,2 | 54,1 | 44,7 | 33,9 | 27,7 | 20,8 | 18,7 | 15,6 | 12,7 |
| 45 | 219,8 | 196,4 | 178,1 | 151,4 | 125 | 107,4 | 71,4 | 55,1 | 45,5 | 34,5 | 28,2 | 21,2 | 19 | 15,9 | 12,9 |
| 50 | 223,1 | 199,4 | 180,9 | 153,7 | 126,9 | 109,1 | 72,6 | 56 | 46,2 | 35,1 | 28,7 | 21,6 | 19,3 | 16,2 | 13,2 |
| 55 | 226,2 | 202,1 | 183,4 | 155,8 | 128,7 | 110,6 | 73,6 | 56,8 | 46,9 | 35,6 | 29,1 | 21,9 | 19,6 | 16,4 | 13,4 |
| 60 | 228,9 | 204,6 | 185,6 | 157,8 | 130,3 | 112 | 74,5 | 57,5 | 47,5 | 36 | 29,5 | 22,2 | 19,9 | 16,6 | 13,5 |
| 65 | 231,5 | 206,9 | 187,7 | 159,6 | 131,8 | 113,3 | 75,4 | 58,1 | 48 | 36,5 | 29,9 | 22,5 | 20,1 | 16,8 | 13,7 |
| 70 | 233,9 | 209 | 189,6 | 161,2 | 133,2 | 114,5 | 76,2 | 58,8 | 48,6 | 36,8 | 30,2 | 22,7 | 20,3 | 17 | 13,9 |
| 75 | 236,1 | 211 | 191,4 | 162,7 | 134,4 | 115,6 | 76,9 | 59,3 | 49 | 37,2 | 30,5 | 22,9 | 20,6 | 17,2 | 14 |
| 80 | 238,1 | 212,8 | 193,1 | 164,2 | 135,6 | 116,6 | 77,6 | 59,9 | 49,5 | 37,6 | 30,8 | 23,1 | 20,7 | 17,4 | 14,1 |
| 85 | 240 | 214,6 | 194,7 | 165,5 | 136,7 | 117,6 | 78,3 | 60,4 | 49,9 | 37,9 | 31 | 23,3 | 20,9 | 17,5 | 14,3 |
| 90 | 241,8 | 216,2 | 196,2 | 166,8 | 137,8 | 118,5 | 78,9 | 60,9 | 50,3 | 38,2 | 31,3 | 23,5 | 21,1 | 17,6 | 14,4 |
| 95 | 243,6 | 217,7 | 197,6 | 168 | 138,8 | 119,3 | 79,5 | 61,3 | 50,7 | 38,5 | 31,5 | 23,7 | 21,3 | 17,8 | 14,5 |
| 100 | 245,2 | 219,2 | 198,9 | 169,1 | 139,7 | 120,2 | 80 | 61,7 | 51 | 38,7 | 31,7 | 23,9 | 21,4 | 17,9 | 14,6 |

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=351350&search=sao-paulo|cubatao>. Acesso em: dezembro de 2013.

MARTINEZ JUNIOR, F.; MAGNI, N. L. G. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. Convênio DAEE-USP. Edição Revisada. Out, 1999

SIGHR – Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plug?qwe=qwe>. Acesso em: dezembro de 2013.

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 Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30.140-002
Tel.: 31 3878-0307 - Fax: 31 3878-0383

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

