

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Paraná

Município: Capitão Leônidas Marques

Estação Pluviométrica: Capitão Leônidas Marques

Código ANA: 02553024

 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

ATLAS PLUVIOMETRICO DO BRASIL

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

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Capitão Leônidas Marques/PR

**Estação Pluviométrica: Capitão Leônidas Marques
Código: 02553024**

**RECIFE, PE
2014**

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

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Recife

Copyright © 2014 CPRM - Superintendência Regional de Recife
Av. Sul 2291 – Bairro: Afogados
Recife – PE – 50770-011
Telefone: (81) 3316-1400
Fax: (81) 3316-1403
<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: Capitão Leônidas Marques/PR. Estação Pluviométrica: Capitão Leônidas Marques, Código 02553024. Margarida Regueira da Costa; José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto – Recife : CPRM, 2014.

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

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

José Wilson de Castro Temoteo
Superintendente

Adriano da Silva Santos
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Adeilson Alves Wanderlei
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

José Pessoa Veiga Júnior
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Gilberto Augusto Pinto Ribeiro Junior
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

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
Osvalcílio Mercês Furtunato - Sureg/SA

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 Dausg 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
Ivo Cleiton Costa Bonfim - REFO
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
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 Capitão Leônidas Marques/PR onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Capitão Leônidas Marques, código 02553024. Esta estação está localizada no município de Capitão Leônidas Marques.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Capitão Leônidas Marques/PR e regiões circunvizinhas.

O município de Capitão Leônidas Marques está localizado no Estado do Paraná, na mesorregião do Oeste Paranaense e na microrregião Cascavel, na Latitude 25°28'44" S e Longitude 53°36'50" WGr, a 437 km de Curitiba/PR. O município possui área de 275,748 km², apresenta uma população estimada em 15.592 habitantes (IBGE, 2013) e localiza-se a uma altitude aproximada de 385.5 metros.

A estação de Capitão Leônidas Marques, código 02553024, está localizada na Latitude 25°29'8.13"S e Longitude 53°36'37.03"WGr, em Capitão Leônidas Marques/PR, sob responsabilidade da COPEL e operação da AGUASPARANÁ. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.
(Fontes: Wikipédia, Google, 2014)

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 Capitão Leônidas Marques, código 02553024, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Set a 31/Ago), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a logística, 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 Frendrich (2011) para o município de Planalto.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

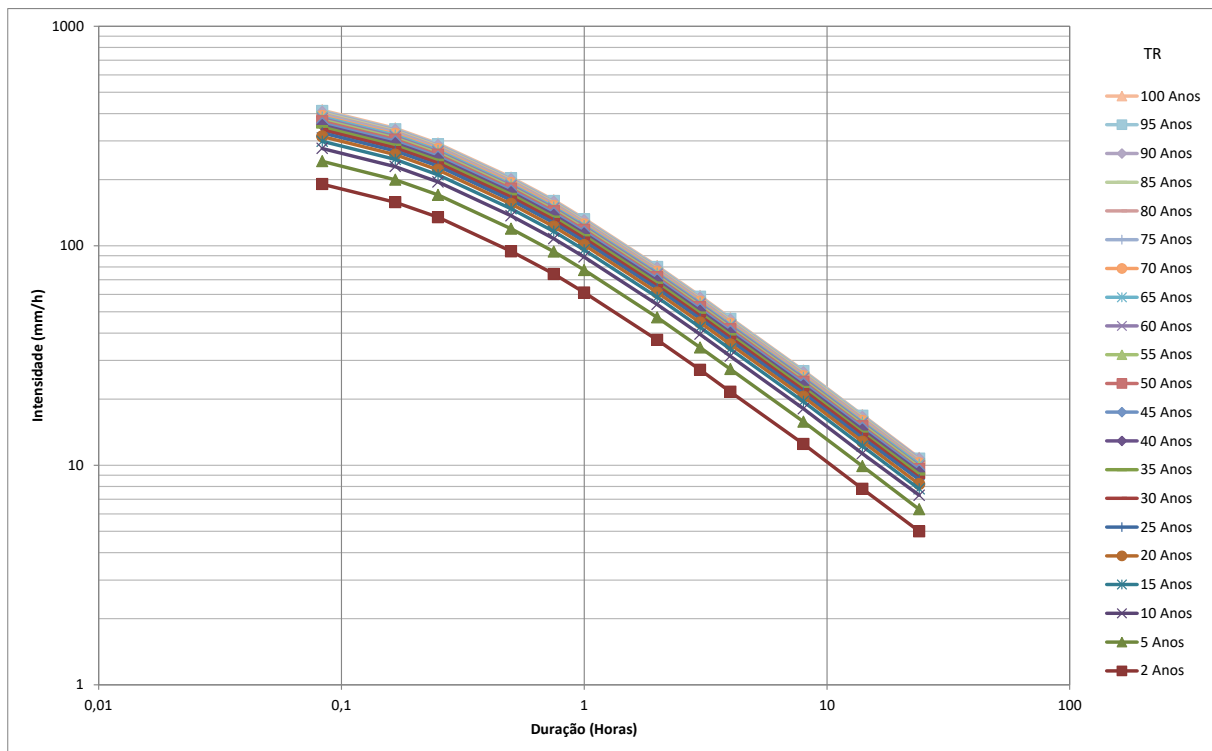


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 são parâmetros da equação

No caso de Capitão Leônidas Marques, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,6226; b = 16,9348; c = 18,0680; d = 46,2153 \text{ e } \delta = 3$$

$$i = \{[(6,6226 \ln(T) + 16,9348) \cdot \ln(t + (3 / 60))] + [18,0680 \ln(T) + 46,2153]\} / t \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 5,5240 ; b = 14,1274 ; c = 18,2680 ; d = 46,7643 \text{ e } \delta = 1,3$$

$$i = \{[(5,5240 \ln(T) + 14,1274) \cdot \ln(t + (1,3 / 60))] + [18,2680 \ln(T) + 46,7643]\} / t \quad (03)$$

As equações acima são válidas 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 da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	184,4	236,4	275,7	298,6	314,9	327,6	354,2	366,9	377,2	389,9	400,2	406,2
10 Minutos	154,9	198,6	231,6	250,9	264,6	275,2	297,6	308,2	316,9	327,6	336,2	341,3
15 Minutos	131,3	168,3	196,3	212,7	224,3	233,3	252,3	261,3	268,6	277,6	285	289,3
20 Minutos	114,3	146,5	170,9	185,1	195,2	203,1	219,6	227,5	233,9	241,7	248,1	251,8
30 Minutos	91,7	117,6	137,2	148,6	156,7	163	176,3	182,6	187,7	194	199,2	202,1
45 Minutos	71,9	92,2	107,5	116,5	122,8	127,8	138,2	143,1	147,1	152,1	156,1	158,4
1 HORA	59,8	76,6	89,4	96,8	102,1	106,2	114,9	119	122,3	126,4	129,8	131,7
2 HORAS	36	46,2	53,8	58,3	61,5	64	69,2	71,6	73,7	76,1	78,2	79,3
3 HORAS	26,4	33,9	39,5	42,8	45,1	46,9	50,8	52,6	54	55,9	57,3	58,2
4 HORAS	21,1	27	31,5	34,2	36	37,5	40,5	42	43,2	44,6	45,8	46,5
5 HORAS	17,7	22,7	26,4	28,6	30,2	31,4	34	35,2	36,2	37,4	38,4	38,9
6 HORAS	15,3	19,6	22,8	24,7	26,1	27,1	29,3	30,4	31,2	32,3	33,2	33,6
7 HORAS	13,5	17,3	20,2	21,8	23	24	25,9	26,8	27,6	28,5	29,3	29,7
8 HORAS	12,1	15,5	18,1	19,6	20,7	21,5	23,2	24,1	24,8	25,6	26,3	26,7
12 HORAS	8,7	11,1	13	14	14,8	15,4	16,7	17,3	17,7	18,3	18,8	19,1
14 HORAS	7,6	9,8	11,4	12,4	13	13,6	14,7	15,2	15,6	16,1	16,6	16,8
20 HORAS	5,7	7,3	8,5	9,2	9,7	10,1	10,9	11,3	11,6	12	12,3	12,5
24 HORAS	4,9	6,2	7,3	7,9	8,3	8,6	9,3	9,7	9,9	10,3	10,5	10,7

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	15,4	19,7	23	24,9	26,2	27,3	29,5	30,6	31,4	32,5	33,4	33,9
10 Minutos	25,8	33,1	38,6	41,8	44,1	45,9	49,6	51,4	52,8	54,6	56	56,9
15 Minutos	32,8	42,1	49,1	53,2	56,1	58,3	63,1	65,3	67,2	69,4	71,3	72,3
20 Minutos	38,1	48,8	57	61,7	65,1	67,7	73,2	75,8	78	80,6	82,7	83,9
30 Minutos	45,9	58,8	68,6	74,3	78,4	81,5	88,2	91,3	93,9	97	99,6	101,1
45 Minutos	53,9	69,2	80,6	87,4	92,1	95,9	103,7	107,3	110,3	114,1	117,1	118,8
1 HORA	59,8	76,6	89,4	96,8	102,1	106,2	114,9	119	122,3	126,4	129,8	131,7
2 HORAS	72	92,4	107,6	116,6	123	128	138,4	143,2	147,4	152,2	156,4	158,6
3 HORAS	79,2	101,7	118,5	128,4	135,3	140,7	152,4	157,8	162	167,7	171,9	174,6
4 HORAS	84,4	108	126	136,8	144	150	162	168	172,8	178,4	183,2	186
5 HORAS	88,5	113,5	132	143	151	157	170	176	181	187	192	194,5
6 HORAS	91,8	117,6	136,8	148,2	156,6	162,6	175,8	182,4	187,2	193,8	199,2	201,6
7 HORAS	94,5	121,1	141,4	152,6	161	168	181,3	187,6	193,2	199,5	205,1	207,9
8 HORAS	96,8	124	144,8	156,8	165,6	172	185,6	192,8	198,4	204,8	210,4	213,6
12 HORAS	104,4	133,2	156	168	177,6	184,8	200,4	207,6	212,4	219,6	225,6	229,2
14 HORAS	106,4	137,2	159,6	173,6	182	190,4	205,8	212,8	218,4	225,4	232,4	235,2
20 HORAS	114	146	170	184	194	202	218	226	232	240	246	250
24 HORAS	117,6	148,8	175,2	189,6	199,2	206,4	223,2	232,8	237,6	247,2	252	256,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Capitão Leônidas Marques, foi registrada uma Chuva de 123,3 mm com duração de 60 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:*

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 123,3 mm dividido por 1 h é igual a 123,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{123,3 \cdot 1 - 16,9348 \ln(t + (3/60)) - 46,2153}{6,6226 \ln(t + (3/60)) + 18,068} \right] = 63,2 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 63,2 anos corresponde a uma probabilidade de 1,58% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 123,3\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{63,2} 100 = 1,58\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 63,2 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem de Capitão Leônidas Marques, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

2 - GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Maio de 2014.

3 - IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=410460>. Acesso em Maio de 2014.

4 - PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

5 - PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Março, 2013.

6 - WIKIPEDIA, 2014. Ficheiro – Paraná - Município de Capitão Leônidas Marques. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Capit%C3%A3o_Le%C3%B4nidas_Marques. Acesso em: Maio de 2014.

ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico (01/Set a 31/Ago)

Data	P Max Diária (mm)
11/10/75	93,6
18/10/76	93,2
17/06/78	85,5
12/05/79	87,0
26/10/79	130,2
26/04/81	134,6
06/12/81	73,0
02/10/82	117,0
22/10/83	170,2
13/12/84	153,2
21/04/86	80,2
19/12/86	55,4
22/05/88	120,0
15/01/89	104,4
27/08/90	119,0
21/11/90	107,1
29/05/92	132,9
13/05/93	164,1
30/09/93	83,9
16/01/95	76,9
03/03/96	78,4
20/06/97	212,5
14/05/98	127,0
27/09/98	96,2
22/02/00	67,0
14/10/00	123,3
18/05/02	88,9
19/11/02	97,1
12/12/03	110,4
17/05/05	120,7
29/10/05	144,2

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 Recife

Av. Sul, 312 - Afogados
Recife - PE - CEP: 50770-011
Tel.: 81 3316-1400 - Fax: 81 3316-1403

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

