

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: Corumbá

Estação Pluviográfica: Corumbá

Código ANA: 01857000

Código INMET: 83552

 **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**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

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

**Município: Corumbá - MS**

**Estação Pluviométrica: Corumbá  
Código: 01857000 (ANA) e 83552 (INMET)**

**PORTO ALEGRE  
2017**

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 @ 2017 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: Corumbá/MS. Estação Pluviométrica: Corumbá código 01857000 (ANA) e 83552 (INMET). Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

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**

Fernando Bezerra Coelho Filho

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Paulo Pedrosa

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Vicente Humberto Lobo Cruz

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS SERVIÇO  
GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Vicente Humberto Lobo Cruz

**Vice-Presidente**

Eduardo Jorge Ledsham

**Conselheiros**

Ladice Peixoto

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Telton Elber Correa

Janaina Gomes Pires da Silva

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Eduardo Jorge Ledsham

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Stênio Petrovich Pereira

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)**

José Leonardo Silva Andriotti

**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**

*Marilene Fátima Bastos*  
**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

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS  
**Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento- Sureg/BH

**Apoio Técnico**

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 Corumbá/MS onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Corumbá, código 01857000 (ANA) e 83552 (INMET). Esta estação está localizada no município de Corumbá, próxima à sede do município.

## 1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Corumbá

O município de Corumbá está localizado no estado de Mato Grosso do Sul, próximo à divisa com a Bolívia. O município possui área de 64.962,854 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude aproximada de 118 metros. A população de Corumbá, segundo IBGE (2010), é de 103.703 habitantes.

A estação Corumbá, código 01857000 (ANA) e 83552 (INMET), está localizada na Latitude 19°01'12"S e Longitude 57°40'12" O, e está inserida na sub-bacia 66, sub-bacia dos rios Paraguai, São Lourenço, Taquari e outros, mais especificamente na sub-bacia do rio Paraguai, próximo ao trecho que pertence ao Brasil e a Bolívia, a cerca de 8,6 km do lago Cáceres, já na Bolívia. Esta estação pluviométrica localiza-se no município de Corumbá, aproximadamente a 2 km da sede municipal e encontra-se em operação sob responsabilidade do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) desde 1912. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro convencional, no período de 1961 a 2013.

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

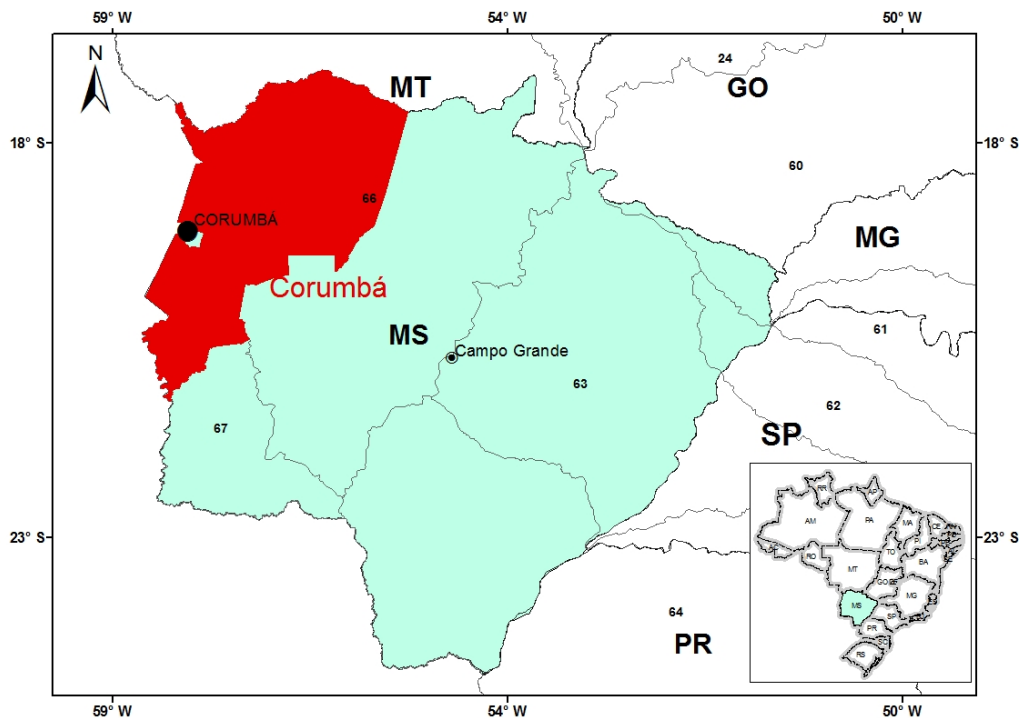


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

## 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 Corumbá, código 01857000 (ANA) e 83552 (INMET), 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 Exponencial, 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 o município de Corumbá. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

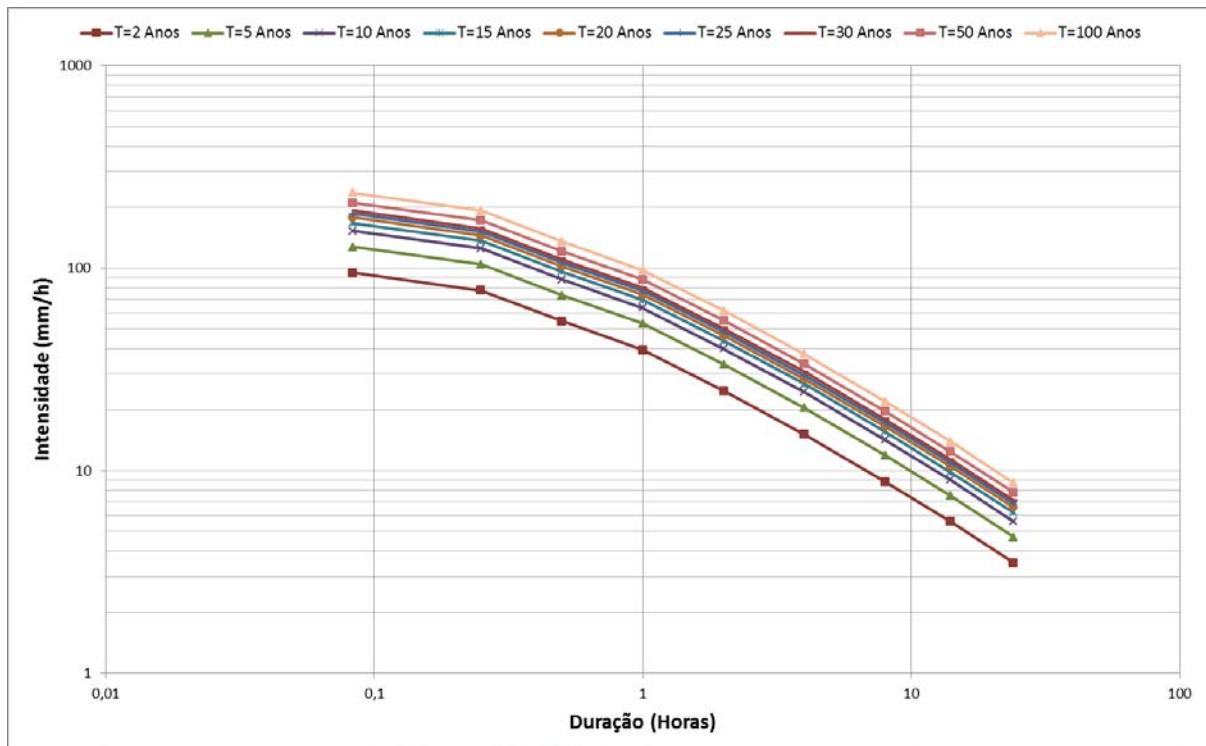


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (01)$$

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 Corumbá, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

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

$a = 1421,6$ ;  $b = 0,2247$ ;  $c = 23,3$  e  $d = 0,8333$ ;

$$i = \frac{1421,6T^{0,2247}}{(t+23,3)^{0,8333}} \quad (02)$$

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	70	75	100
5 Minutos	102,5	125,9	147,1	161,2	171,9	180,8	188,3	200,9	211,2	220,1	227,8	231,4	246,8
10 Minutos	89,5	109,9	128,5	140,7	150,1	157,8	164,4	175,4	184,5	192,2	198,9	202,0	215,5
15 Minutos	79,6	97,8	114,3	125,2	133,6	140,5	146,4	156,1	164,2	171,0	177,0	179,8	191,8
20 Minutos	71,9	88,3	103,2	113,1	120,6	126,8	132,1	141,0	148,2	154,4	159,8	162,3	173,2
30 Minutos	60,5	74,3	86,8	95,1	101,4	106,7	111,1	118,5	124,6	129,9	134,4	136,5	145,6
45 Minutos	49,2	60,4	70,6	77,3	82,5	86,8	90,4	96,4	101,4	105,6	109,3	111,0	118,5
1 HORA	41,7	51,2	59,8	65,5	69,9	73,5	76,6	81,7	85,9	89,5	92,7	94,1	100,4
2 HORAS	26,5	32,6	38,1	41,7	44,5	46,8	48,7	52,0	54,7	57,0	59,0	59,9	63,9
3 HORAS	19,8	24,3	28,5	31,2	33,2	35,0	36,4	38,8	40,8	42,6	44,1	44,7	47,7
4 HORAS	16,0	19,6	22,9	25,1	26,8	28,2	29,4	31,3	32,9	34,3	35,5	36,1	38,5
5 HORAS	13,5	16,5	19,3	21,2	22,6	23,7	24,7	26,4	27,8	28,9	29,9	30,4	32,4
6 HORAS	11,7	14,4	16,8	18,4	19,6	20,6	21,5	22,9	24,1	25,1	26,0	26,4	28,1
7 HORAS	10,3	12,7	14,9	16,3	17,4	18,3	19,0	20,3	21,3	22,2	23,0	23,4	24,9
8 HORAS	9,3	11,4	13,4	14,6	15,6	16,4	17,1	18,3	19,2	20,0	20,7	21,0	22,4
12 HORAS	6,7	8,3	9,7	10,6	11,3	11,9	12,4	13,2	13,9	14,4	15,0	15,2	16,2
14 HORAS	5,9	7,3	8,5	9,3	10,0	10,5	10,9	11,6	12,2	12,8	13,2	13,4	14,3
20 HORAS	4,4	5,5	6,4	7,0	7,5	7,8	8,2	8,7	9,2	9,5	9,9	10,0	10,7
24 HORAS	3,8	4,7	5,5	6,0	6,4	6,7	7,0	7,5	7,9	8,2	8,5	8,6	9,2

**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	70	75	100
5 Minutos	8,5	10,5	12,3	13,4	14,3	15,1	15,7	16,7	17,6	18,3	19,0	19,3	20,6
10 Minutos	14,9	18,3	21,4	23,5	25,0	26,3	27,4	29,2	30,7	32,0	33,2	33,7	35,9
15 Minutos	19,9	24,5	28,6	31,3	33,4	35,1	36,6	39,0	41,0	42,8	44,3	45,0	48,0
20 Minutos	24,0	29,4	34,4	37,7	40,2	42,3	44,0	47,0	49,4	51,5	53,3	54,1	57,7
30 Minutos	30,2	37,1	43,4	47,5	50,7	53,3	55,6	59,3	62,3	64,9	67,2	68,3	72,8
45 Minutos	36,9	45,3	53,0	58,0	61,9	65,1	67,8	72,3	76,0	79,2	82,0	83,3	88,8
1 HORA	41,7	51,2	59,8	65,5	69,9	73,5	76,6	81,7	85,9	89,5	92,7	94,1	100,4
2 HORAS	53,0	65,2	76,2	83,4	89,0	93,6	97,5	104,0	109,3	113,9	117,9	119,8	127,8
3 HORAS	59,5	73,0	85,4	93,5	99,7	104,9	109,3	116,5	122,5	127,7	132,2	134,2	143,2
4 HORAS	63,9	78,5	91,7	100,5	107,2	112,7	117,4	125,3	131,7	137,2	142,1	144,3	153,9
5 HORAS	67,3	82,7	96,6	105,9	112,9	118,7	123,7	132,0	138,8	144,6	149,7	152,0	162,1
6 HORAS	70,1	86,1	100,6	110,2	117,6	123,6	128,8	137,4	144,5	150,5	155,8	158,3	168,8
7 HORAS	72,4	89,0	104,0	113,9	121,5	127,8	133,1	142,0	149,3	155,6	161,1	163,6	174,5
8 HORAS	74,5	91,5	106,9	117,1	125,0	131,4	136,9	146,0	153,5	160,0	165,6	168,2	179,4
12 HORAS	80,7	99,2	115,9	127,0	135,4	142,4	148,4	158,3	166,4	173,4	179,5	182,3	194,5
14 HORAS	83,1	102,2	119,4	130,8	139,5	146,7	152,8	163,0	171,4	178,5	184,8	187,7	200,3
20 HORAS	88,8	109,2	127,5	139,7	149,0	156,7	163,3	174,2	183,1	190,8	197,5	200,6	214,0
24 HORAS	91,8	112,8	131,8	144,4	154,0	162,0	168,7	180,0	189,3	197,2	204,1	207,3	221,2

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Corumbá, foi registrada uma chuva de 85 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:*

$$T = \left[ \frac{i(t+c)^a}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

*A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 85 mm dividido por 45 minutos é igual a 113,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:*

$$T = \left[ \frac{113,3(45 + 23,3)^{0,8333}}{1421,6} \right]^{1/0,2247} = 82 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 82 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,2%, ou:*

$$P(i \geq 113,3 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{82} 100 = 1,2\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=500320&search=mato-grosso-do-sul|corumba>. Acesso em dezembro de 2016.

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

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

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)  
Máximo por Ano Hidrológico (01/out a 30/set)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1961	1962	14/10/1961	82,0
1962	1963	16/04/1963	97,0
1963	1964	05/03/1964	49,0
1974	1975	02/04/1975	119,8
1975	1976	29/01/1976	78,2
1976	1977	16/07/1977	60,7
1977	1978	12/11/1977	101,6
1981	1982	08/02/1982	76,3
1982	1983	27/01/1983	82,2
1983	1984	22/08/1984	75,9
1984	1985	04/11/1984	91,8
1992	1993	08/01/1993	51,4
1993	1994	02/03/1994	130,4
1994	1995	18/02/1995	113,0
1995	1996	05/09/1996	55,8
1996	1997	02/10/1996	60,5
1997	1998	22/02/1998	85,4
1998	1999	09/02/1999	58,3
1999	2000	31/12/1999	82,0
2000	2001	23/05/2001	46,2
2001	2002	31/12/2001	52,8
2002	2003	24/01/2003	128,5
2003	2004	18/02/2004	77,3
2004	2005	26/12/2004	101,2
2005	2006	04/03/2006	60,1
2006	2007	16/01/2007	76,1
2007	2008	07/10/2007	78,1
2008	2009	26/01/2009	67,2
2009	2010	04/12/2009	140,2
2010	2011	18/01/2011	102,4
2011	2012	15/04/2012	78,2
2012	2013	14/12/2012	94,5

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Corumba/MS.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,93	0,84	0,72	0,59	0,47

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,69	0,49	0,20

## 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**