

PROGRAMA GESTÃO
DE RISCOS E DE DESASTRES
Levantamentos, Estudos, Previsão
e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Município: Serrana/SP

Estação Pluviográfica: Serrana

Códigos: 02147007 (ANA) e C4-083 (DAEE)



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Emanuel Duarte Silva

Achiles Monteiro (*in memoriam*)

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Coordenação Executiva do DEHID - Projeto Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto - Cartas Municipais de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações

Douglas Silva Cabral

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Superintendente

Franco Buffon (interino)

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Franco Buffon

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Paloma Gabriela Rocha

Gerência de Infraestrutura Geocientífica

Ana Cristina Peixoto

Gerência de Administração e Finanças

Iuri Brasil Rodrigues

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DE DESASTRES
Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Estação Pluviográfica: Serrana
Código: 02147007 (ANA) e C4-083 (DAEE)
Município: Serrana/SP

AUTORES

Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto



Porto Alegre
2023

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Porto Alegre

AUTORES

Karine Pickbrenner

Eber José de Andrade Pinto

COORDENADORES REGIONAIS DO PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO

José Alexandre Moreira Farias - REFO (*in memoriam*)

Karine Pickbrenner - SUREG/PA

EQUIPE EXECUTORA

Adriana Burin Weschenfelder - SUREG/PA

Cristiane Ribeiro de Melo - SUREG/RE

Catharina dos Prazeres Campos de Farias - SUREG/BE

Osvalcélio Mercês Furtunato - SUREG/SA

EQUAÇÃO DEFINIDA

Martinez e Piteri (2016 *apud* DAEE, 2018)

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E MAPA

Ivete Souza do Nascimento - SUREG/BH

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIEDIG)

Juliana Colussi

Miolo (DIEDIG)

Agmar Alves Lopes

Juliana Colussi

Diagramação (NANA)

Aline da Silva Prado

Revisão (SUREG/PA)

Alessandra Luiza Rahel

Referências

Ana Lúcia Borges Fortes Coelho (Organização e Formatação)

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.sgb.gov.br

seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P594 Pickbrenner, Karine
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração Frequência; estação pluviográfica Serrana, códigos 02147007 (ANA) e C4-083 (DAEE), município Serrana, SP / Karine Pickbrenner, Eber José de Andrade Pinto. – Porto Alegre: SGB-CPRM, 2023.
1 recurso eletrônico: PDF

Programa Gestão de Riscos e de Desastres
Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos
ISBN 978-65-5664-396-0

1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF I. Pinto, Eber José de Andrade. II. Título

CDD 551.570981

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Lúcia Borges Fortes Coelho – CRB10 - 840

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e de Desastres 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 as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes ou inseridos em sub-bacias monitoradas pelos Sistemas de Alerta Hidrológico e projetos executados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM).

Este relatório apresenta a equação IDF estabelecida por Martinez e Piteri (2016 *apud* DAEE, 2018) para o município de Serrana/SP, onde foram utilizados os registros de precipitações máximas da estação pluviográfica Serrana, códigos 02147007 (ANA) e C4-083 (DAEE), localizada no mesmo município.

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta a equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) estabelecida por Martinez e Magni (2016 *apud* DAEE, 2018) para o município de Serrana/SP. A série de dados utilizada no estudo foi elaborada a partir de registros de precipitações diárias máximas da estação pluviográfica Serrana, códigos 02147007 (ANA) e C4-083 (DAEE), localizada no mesmo município. O período utilizado foi de 1972 a 2000, contemplando 26 anos de dados. As equações ajustadas para representar a família de curvas IDF podem ser aplicadas para durações entre 10 min e 24 h e são recomendadas para tempos de retorno até 100 anos. A aplicação da equação IDF elaborada para o município de Serrana permite associar intensidades de precipitação, nas diferentes durações, a frequências de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas. Também pode ser utilizada de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido numa determinada duração, definindo se o evento foi raro ou ordinário, de acordo com a caracterização de chuva extrema local.

ABSTRACT

This work presents the Intensity-Duration-Frequency (IDF) equation established by Martinez and Piteri (2016 apud DAEE, 2018) to the city of Serrana/SP. The data series used in the study was prepared from records of maximum rainfall of the Serrana rain station, codes 02147007 (ANA) e C4-083 (DAEE), located in the same city. The period used was from 1972 to 2000, covering 26 years of data. The equations fitted to represent the family of IDF curves can be applied for durations between 10 min and 24 h and are recommended for return period up to 100 years. The application of the IDF equation developed for the city of Serrana allows the association of precipitation intensities, in different durations, with frequencies of occurrence, which will be used in the design of hydraulic structures. It can also be used in an inverse way, that is, to estimate the frequency of a precipitation event that occurred over a given duration, defining how unusual or ordinary the event was, according to the local extreme rain characterization.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
EQUAÇÃO.....	7
EXEMPLO DE APLICAÇÃO.....	10
REFERÊNCIAS.....	10

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização do Município e da Estação Pluviográfica.....	7
Figura 02 - Curvas intensidade-duração-frequência.....	8

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Intensidade da chuva em mm/h.....	9
Tabela 02 - Altura da chuva em mm.....	9

INTRODUÇÃO

A equação definida por Martinez e Piteri (2016 *apud* DAEE, 2018) é indicada para ser utilizada no município de Serrana.

O município de Serrana está localizado a 330 km de São Paulo, capital do estado de São Paulo e faz fronteira com os municípios de Cravinhos, Ribeirão Preto, Altinópolis, Serra Azul e Brodowski. O município possui uma área aproximada de 126,046 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022) e localiza-se a uma altitude de 566 metros em sua sede. A população de Serrana, segundo IBGE (2022), é de 43.909 habitantes.

A estação Serrana, códigos 02147007 (ANA) e C4-083 (DAEE), está localizada na Latitude 21°13'00"S e Longitude 47°36'00"W. Esta estação pluviográfica situa-se a 1,4 km da sede municipal e encontra-se em atividade desde 1947, sendo operada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo – DAEE.

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

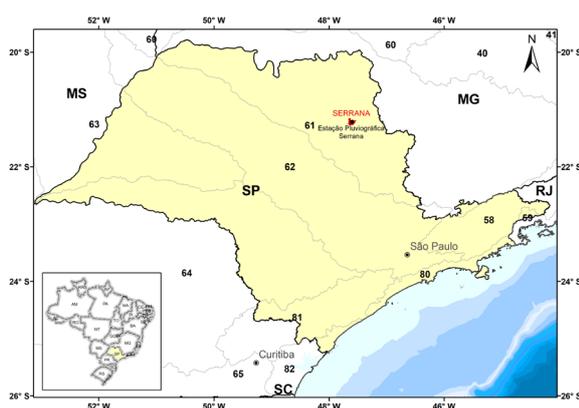
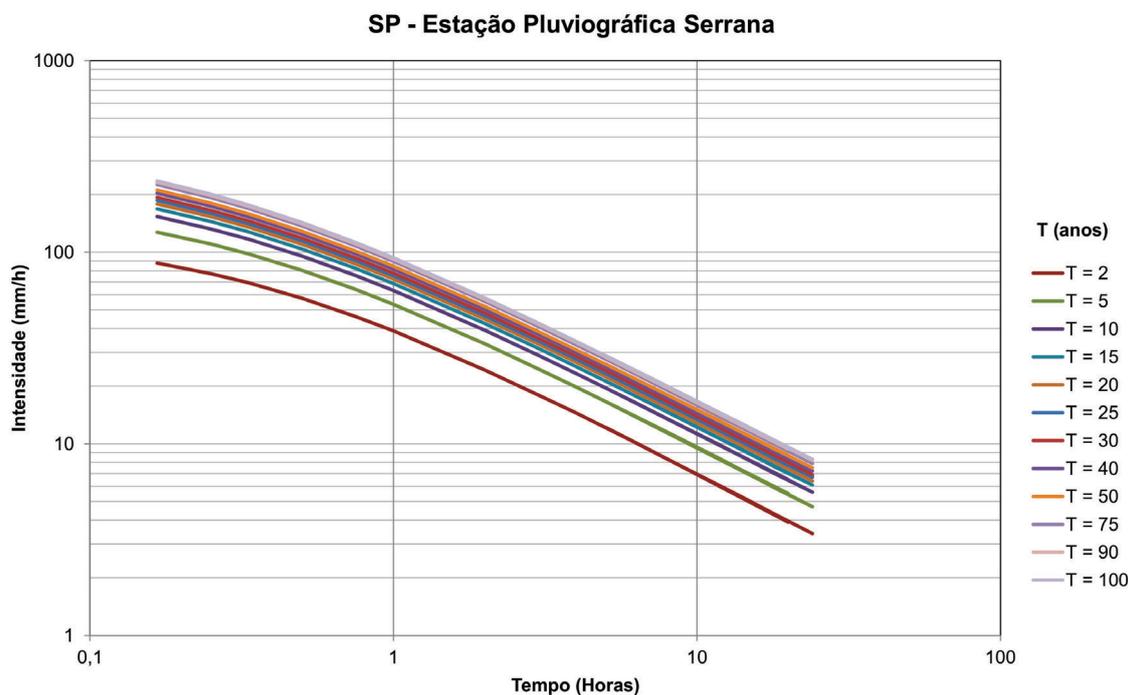


Figura 01 - Localização do Município e da Estação Pluviográfica (Fonte: Google Earth, 2023)

EQUAÇÃO

A metodologia utilizada na definição da equação IDF encontra-se disponível em DAEE, 2018. Os dados para definição da equação IDF do município de Serrana foram extraídos a partir dos pluviogramas de um pluviógrafo convencional, distribuídos em intervalos entre 1972 e 2000, totalizando 26 anos de dados.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



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

$$i_{t,T} = a (t + b)^c + d (t + e)^f \cdot [g + h \cdot \text{Ln}(\text{Ln}(T / (T - 1)))] \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/min)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (minutos)

a, b, c, d, e, f, g, h são parâmetros da equação

No caso de Serrana, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 27,11; b = 20,0; c = -0,8398; d = 6,93; e = 10; f = -0,7961; g = -0,4866; h = -0,9132$

$$i_{t,T} = 27,11 \cdot (t + 20)^{-0,8398} + 6,93 \cdot (t + 10)^{-0,7961} \cdot [-0,4866 - 0,9132 \cdot \text{Ln}(\text{Ln}(T / (T - 1)))] \quad (02)$$

A equação acima é válida para durações entre 10 min e 1440 min e 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, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	87,7	127,3	153,6	168,4	178,7	186,7	193,2	203,4	211,3	217,7	225,6	235,7
15 Minutos	77,3	110,5	132,4	144,8	153,5	160,2	165,6	174,2	180,8	186,2	192,8	201,2
20 Minutos	69,2	97,9	116,9	127,6	135,2	140,9	145,6	153,0	158,7	163,4	169,1	176,4
30 Minutos	57,5	80,4	95,5	104,0	110,0	114,6	118,3	124,2	128,7	132,4	137,0	142,8
45 Minutos	46,2	64,0	75,7	82,3	86,9	90,5	93,4	98,0	101,5	104,4	107,9	112,4
1 Hora	38,9	53,5	63,2	68,6	72,5	75,4	77,8	81,6	84,5	86,9	89,8	93,5
2 Horas	24,3	33,3	39,2	42,5	44,8	46,6	48,1	50,4	52,2	53,6	55,4	57,7
3 Horas	18,0	24,6	29,0	31,5	33,2	34,5	35,6	37,3	38,6	39,7	41,0	42,7
4 Horas	14,5	19,8	23,3	25,3	26,7	27,7	28,6	30,0	31,0	31,9	32,9	34,3
6 Horas	10,5	14,4	17,0	18,4	19,4	20,2	20,9	21,9	22,6	23,3	24,0	25,0
8 Horas	8,3	11,5	13,5	14,7	15,5	16,1	16,6	17,4	18,0	18,5	19,2	19,9
12 Horas	6,0	8,3	9,8	10,6	11,2	11,7	12,0	12,6	13,1	13,4	13,9	14,4
14 Horas	5,3	7,3	8,6	9,4	9,9	10,3	10,6	11,1	11,5	11,9	12,3	12,8
18 Horas	4,3	5,9	7,0	7,6	8,1	8,4	8,7	9,1	9,4	9,7	10,0	10,4
24 Horas	3,4	4,7	5,6	6,1	6,4	6,7	6,9	7,2	7,5	7,7	7,9	8,3

Tabela 02 - Altura da chuva em mm.

DURAÇÃO DA CHUVA	TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	14,6	21,2	25,6	28,1	29,8	31,1	32,2	33,9	35,2	36,3	37,6	39,3
15 Minutos	19,3	27,6	33,1	36,2	38,4	40,1	41,4	43,6	45,2	46,6	48,2	50,3
20 Minutos	23,1	32,6	39,0	42,5	45,1	47,0	48,5	51,0	52,9	54,5	56,4	58,8
30 Minutos	28,8	40,2	47,8	52,0	55,0	57,3	59,2	62,1	64,4	66,2	68,5	71,4
45 Minutos	34,7	48,0	56,8	61,7	65,2	67,9	70,1	73,5	76,1	78,3	80,9	84,3
1 Hora	38,9	53,5	63,2	68,6	72,5	75,4	77,8	81,6	84,5	86,9	89,8	93,5
2 Horas	48,6	66,6	78,4	85,0	89,6	93,2	96,2	100,8	104,4	107,2	110,8	115,4
3 Horas	54,0	73,8	87,0	94,5	99,6	103,5	106,8	111,9	115,8	119,1	123,0	128,1
4 Horas	58,0	79,2	93,2	101,2	106,8	110,8	114,4	120,0	124,0	127,6	131,6	137,2
6 Horas	63,0	86,4	102,0	110,4	116,4	121,2	125,4	131,4	135,6	139,8	144,0	150,0
8 Horas	66,4	92,0	108,0	117,6	124,0	128,8	132,8	139,2	144,0	148,0	153,6	159,2
12 Horas	72,0	99,6	117,6	127,2	134,4	140,4	144,0	151,2	157,2	160,8	166,8	172,8
14 Horas	74,2	102,2	120,4	131,6	138,6	144,2	148,4	155,4	161,0	166,6	172,2	179,2
18 Horas	77,4	106,2	126,0	136,8	145,8	151,2	156,6	163,8	169,2	174,6	180,0	187,2
24 Horas	81,6	112,8	134,4	146,4	153,6	160,8	165,6	172,8	180,0	184,8	189,6	199,2

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Serrana foi registrada chuva de 100 mm com duração de 2 horas. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 100 mm dividido por 120 min (ou 2h) é igual a 0,833 mm/min (ou 50 mm/h). Para o caso de se aplicar a equação 02, utiliza-se a intensidade em mm/min e o tempo em minutos. Substituindo os valores de intensidade (i , T) e de duração da precipitação (t) na equação 02 temos:

$$0,833 = 27,11 \cdot (120 + 20)^{-0,8398} + 6,93 \cdot (120 + 10)^{-0,7961} \cdot [-0,4866 - 0,9132 \cdot \ln(\ln(T/(T-1)))]$$

$$\ln(\ln(T/(T-1))) = -3,62$$

$$T = 37,8 \text{ anos} \sim 38 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 38 anos corresponde a uma probabilidade de 2,6% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 50 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{38} 100 = 2,6\%$$

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE (São Paulo). **Precipitações intensas no estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE; Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos da USP, 2018. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id743%3Apluviografia&catid=43%3Ahidrometeorologia&Itemid=30. Acesso em: 20 jun. 2023.

GOOGLE EARTH. **Imagem de localização da Estação pluviográfica Serrana**. Brasil: Google, [2023]. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em: 04 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado**: Serrana. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/serrana/panorama>. Acesso em: 04 out. 2023

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM) E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista de 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia;
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



O projeto Atlas Pluviométrico é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e de Desastres 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.



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

