

PROGRAMA GESTÃO
DE RISCOS E DE DESASTRES

Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas
voltados à Prevenção de Desastres

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Município: Itapipoca/CE

Estação Pluviográfica: Itapipoca

Código: 2870084 (SUDENE)

Estação Pluviométrica: Itapipoca

Códigos: 00339084 (ANA) e 068 (FUNCEME)



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretária Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB

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

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Gois

Diretor de Administração e Finanças

Inácio Cavalcante Melo Neto - *Interino*

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

Patrícia Mara Lage Simões

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

Superintendente

Hortencia Maria Barboza de Assis

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Robson de Carlo da Silva

Gerência de Infraestrutura Geocientífica

Douglas Silva Luna

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Felipe Jose da Cruz Lima

Gerência de Administração e Finanças

Omar José Evangelista de Barros

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DE DESASTRES
Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas voltados à Prevenção de Desastres

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Estação Pluviográfica: Itapipoca
Código: 2870084 (SUDENE)
Estação Pluviométrica: Itapipoca
Códigos: 00339084 (ANA) e 068 (FUNCEME)
Município: Itapipoca/CE

AUTORES

Adriano da Silva Santos
Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto



Recife
2025

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Recife

AUTORES

Adriano da Silva Santos
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 Dantas Medeiros - ERJ
Adriano da Silva Santos - SUREG/RE
Caluan Rodrigues Capozzoli - SUREG/SP
Catharina dos Prazeres Campos de Farias - SUREG/BE
Luana Késsia Lucas Alves Martins - SUREG/BH
Osvalcélvio Mercês Furtunato - SUREG/SA

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 (SUREG/PA)

Alessandra Luiza Rahel

Revisão (GERINF/BH)

Patrícia Silva Araújo Dias

Referências

Ana Lúcia Borges Fortes Coelho (Organização e Formatação)

Serviço Geológico do Brasil - SGB

www.sgb.gov.br
seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

| | |
|------|--|
| S237 | Santos, Adriano Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias): estação pluviográfica Itapipoca, código 2870084 (SUDENE), estação pluviométrica Itapipoca, códigos 00339084 (ANA) e 068 (FUNCEME), município Itapipoca, CE / Adriano da Silva Santos, Karine Pickbrenner, Eber José de Andrade Pinto. – Recife: SGB-Serviço Geológico do Brasil, 2025. 1 recurso eletrônico: PDF Programa de Gestão de Riscos e de Desastres Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas voltados à Prevenção de Desastres ISBN 978-65-5664-634-3 1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF I. Pickbrenner, Karine II. Pinto, Eber José de Andrade. III. Título |
|------|--|

CDD 551.570981

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

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - SGB
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 pluviógrafo 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.

Este estudo, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Itapipoca/CE. Para sua elaboração foi realizado um estudo preliminar com os registros contínuos de precipitação da estação pluviográfica desativada de Itapipoca, código 2870084 (SUDENE), que subsidiou a obtenção de coeficientes de desagregação entre diferentes durações. A equação final foi elaborada aplicando-se a metodologia de desagregação aos registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de mesmo nome, com códigos 00339084 (ANA) e 068 (FUNCEME). As estações utilizadas no estudo estão localizadas no município de Itapipoca.

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 para o município de Itapipoca/CE. As séries de dados utilizadas em estudo preliminar para obtenção de relações de desagregação entre alturas de chuva de diferentes durações foram elaboradas a partir de registros contínuos de precipitação da estação pluviográfica Itapipoca, código 2870084 (SUDENE), localizada no mesmo município. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. A série de dados utilizada na elaboração da equação IDF foi obtida a partir de registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Itapipoca, códigos 00339084 (ANA) e 068 (FUNCEME), no mesmo município. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gumbel, 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 no estudo preliminar. As equações adotadas para representar a família de curvas IDF podem ser aplicadas para durações entre 5min e 24h e são recomendadas para tempos de retorno até 100 anos. A aplicação da equação IDF elaborada para o município de Itapipoca 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, dentro da caracterização de chuva extrema local.

ABSTRACT

This work presents the Intensity-Duration-Frequency (IDF) equation established for the municipality of Itapipoca/CE. The data series used in the preliminary study to obtain disaggregation relationships between rainfall heights of different durations was prepared from continuous rainfall records from the Itapipoca pluviographic station, code 2870084 (SUDENE), located within the same municipality. The frequency distribution adjusted to the data was Exponential, with the parameters calculated by the L-moment method. The data series used to develop the IDF equation was obtained from records of maximum daily rainfall per hydrological year from the Itapipoca rainfall station, codes 00339084 (ANA) and 068 (FUNCEME), in the same municipality. The frequency distribution adjusted to the daily data was Gumbel, with the parameters calculated by the L-moment method. The disaggregation of daily quantiles into other durations was carried out using the relationships between rainfall heights of different durations obtained in the preliminary study. The equations fitted to represent the family of IDF curves can be applied for durations between 5min and 24h and are recommended for return times up to 100 years. The application of the IDF equation developed for the municipality of Itapipoca allows associating precipitation intensities, in different durations, with frequencies of occurrence, which will be used in the dimensioning 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..... | 11 |
| ANEXO I..... | 12 |
| ANEXO II..... | 14 |
| ANEXO III..... | 15 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|---|
| Figura 01 - Localização do Município e da Estação Pluviométrica..... | 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..... | 10 |

INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Itapipoca/CE e regiões circunvizinhas. O município de Itapipoca situa-se na Mesorregião Norte Cearense, a 120 km de Fortaleza, capital do estado e faz fronteira com os municípios de Amontada, Miraíma, Itapajé, Uruburetama, Tururu, Trairi e com o Oceano Atlântico. O município possui área de 1596,225 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2024) e localiza-se a uma altitude de 107 metros em sua sede. A população de Itapipoca, segundo IBGE (2022), é de 131.123 habitantes.

A estação pluviométrica Itapipoca, códigos 00339084 (ANA) e 068 (FUNCEME), está localizada na Latitude 03°30'00"S e Longitude 39°34'00"O, inserindo-se na sub-bacia 35, dos rios Acaraú, Pirangi e outros.

Para a elaboração da IDF do município de Itapipoca, procedeu-se a um estudo preliminar com os dados da estação pluviográfica desativada, de mesmo nome e código 2870084, localizada no próprio município. Este estudo subsidiou a geração de relações entre alturas de precipitação de diferentes durações, usadas para a desagregação da série de máximos anuais levantados de registros da estação pluviométrica.

Os dados para definição de coeficientes de desagregação entre diferentes durações foram obtidos a partir dos 20 anos de dados de registros contínuos de precipitação de um pluviógrafo convencional que foi operado do ano de 1966 até 1986, pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE.

Os dados para definição da equação IDF desagregada foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro convencional operado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Foram utilizados 45 anos distribuídos em intervalos entre 1974 e 2024.

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

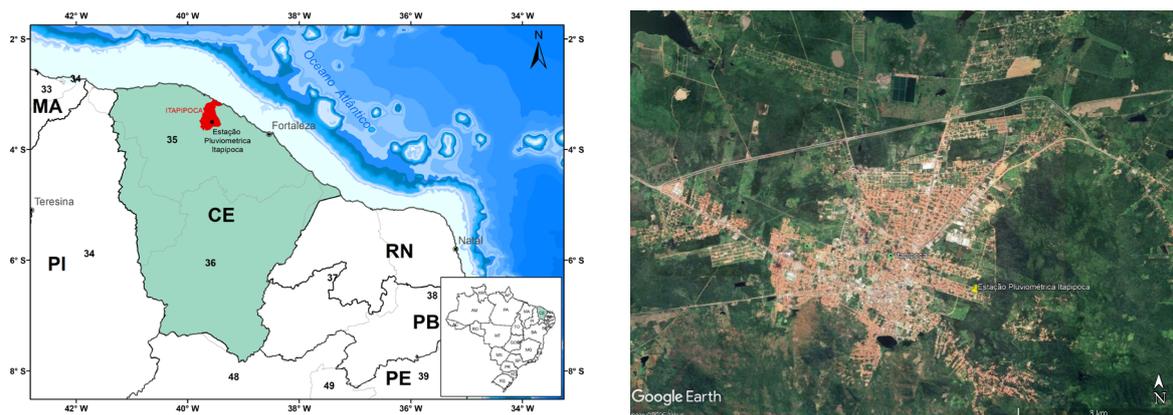


Figura 01 - Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google Earth, 2025).

EQUAÇÃO

A metodologia para a definição de coeficientes de desagregação e de equação intensidade-Duração-Frequência (IDF) por desagregação está descrita em detalhes em Pinto (2013).

Para a obtenção dos coeficientes de desagregação foram utilizadas séries de duração parcial levantadas de registros contínuos de precipitação da estação pluviográfica Itapipoca, código 2870084 (SUDENE); os dados utilizados constam do Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. O Anexo II apresenta as relações entre as alturas de chuva de diferentes durações calculadas com os resultados das análises de frequência.

Na definição da equação IDF da estação pluviométrica Itapipoca, código 00339084 (ANA) e 068 (FUNCEME), aplicando metodologia de desagregação, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Dez a 30/Nov), apresentada no Anexo III. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gumbel, 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 em um estudo preliminar, para a estação pluviográfica Itapipoca, código 2870084 (SUDENE). As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

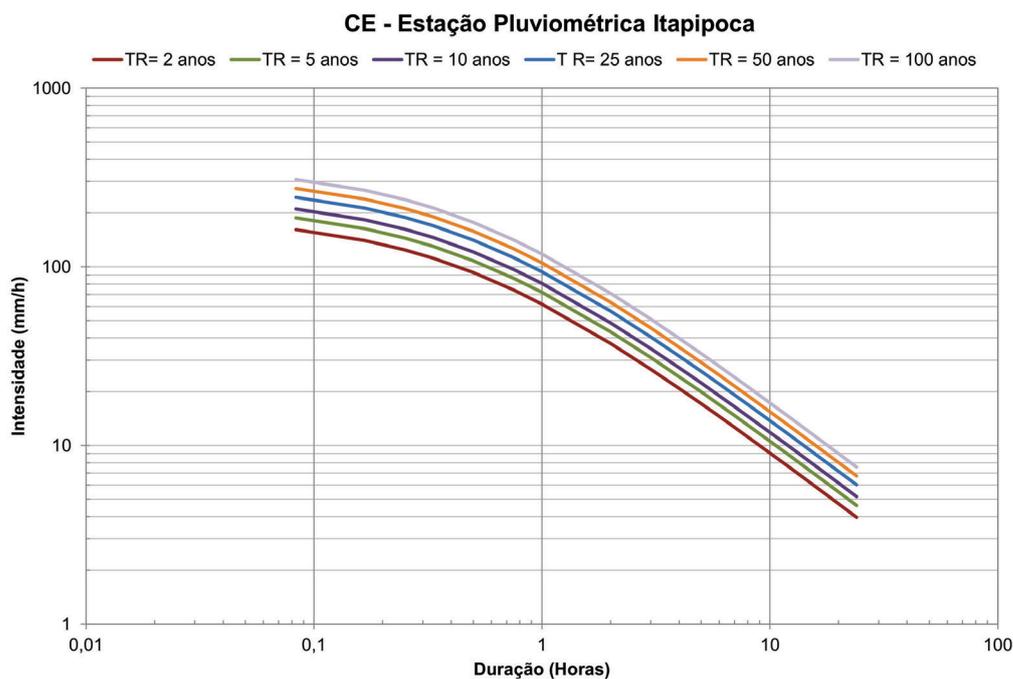


Figura 02 - Curvas intensidade-duração-frequência.

A equação adotada 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 da estação Itapipoca, os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$a = 4346,5; b = 0,1651; c = 27,9$ e $d = 0,9757$

$$i = \frac{4346,5T^{0,1651}}{(t + 27,9)^{0,9757}} \quad (02)$$

A equação acima é válida 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, T (ANOS) | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 75 | 100 |
| 5 Minutos | 161,3 | 187,6 | 210,3 | 224,9 | 235,8 | 244,7 | 252,2 | 264,4 | 274,4 | 282,7 | 293,3 | 307,6 |
| 10 Minutos | 140,5 | 163,4 | 183,2 | 195,9 | 205,4 | 213,1 | 219,7 | 230,3 | 239,0 | 246,3 | 255,5 | 268,0 |
| 15 Minutos | 124,5 | 144,8 | 162,3 | 173,6 | 182,0 | 188,9 | 194,6 | 204,1 | 211,8 | 218,2 | 226,4 | 237,4 |
| 20 Minutos | 111,8 | 130,0 | 145,8 | 155,9 | 163,5 | 169,6 | 174,8 | 183,3 | 190,2 | 196,0 | 203,3 | 213,2 |
| 30 Minutos | 92,9 | 108,1 | 121,2 | 129,6 | 135,9 | 141,0 | 145,3 | 152,3 | 158,0 | 162,9 | 169,0 | 177,2 |
| 45 Minutos | 74,2 | 86,3 | 96,8 | 103,5 | 108,5 | 112,6 | 116,0 | 121,7 | 126,2 | 130,1 | 135,0 | 141,5 |
| 1 Hora | 61,8 | 71,9 | 80,6 | 86,2 | 90,4 | 93,8 | 96,7 | 101,4 | 105,2 | 108,4 | 112,5 | 117,9 |
| 2 Horas | 37,2 | 43,3 | 48,5 | 51,9 | 54,4 | 56,5 | 58,2 | 61,0 | 63,3 | 65,2 | 67,7 | 71,0 |
| 3 Horas | 26,7 | 31,0 | 34,8 | 37,2 | 39,0 | 40,5 | 41,7 | 43,8 | 45,4 | 46,8 | 48,5 | 50,9 |
| 4 Horas | 20,8 | 24,2 | 27,2 | 29,1 | 30,5 | 31,6 | 32,6 | 34,2 | 35,5 | 36,5 | 37,9 | 39,8 |
| 5 Horas | 17,1 | 19,9 | 22,3 | 23,9 | 25,0 | 26,0 | 26,8 | 28,1 | 29,1 | 30,0 | 31,1 | 32,6 |
| 6 Horas | 14,5 | 16,9 | 18,9 | 20,3 | 21,2 | 22,0 | 22,7 | 23,8 | 24,7 | 25,5 | 26,4 | 27,7 |
| 7 Horas | 12,6 | 14,7 | 16,5 | 17,6 | 18,5 | 19,2 | 19,7 | 20,7 | 21,5 | 22,1 | 23,0 | 24,1 |
| 8 Horas | 11,2 | 13,0 | 14,6 | 15,6 | 16,3 | 16,9 | 17,5 | 18,3 | 19,0 | 19,6 | 20,3 | 21,3 |
| 12 Horas | 7,7 | 8,9 | 10,0 | 10,7 | 11,2 | 11,6 | 12,0 | 12,5 | 13,0 | 13,4 | 13,9 | 14,6 |
| 14 Horas | 6,6 | 7,7 | 8,6 | 9,2 | 9,7 | 10,0 | 10,4 | 10,9 | 11,3 | 11,6 | 12,0 | 12,6 |
| 20 Horas | 4,7 | 5,5 | 6,2 | 6,6 | 6,9 | 7,2 | 7,4 | 7,7 | 8,0 | 8,3 | 8,6 | 9,0 |
| 24 Horas | 4,0 | 4,6 | 5,2 | 5,5 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,5 | 6,7 | 6,9 | 7,2 | 7,6 |

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 |
| 5 Minutos | 13,4 | 15,6 | 17,5 | 18,7 | 19,7 | 20,4 | 21,0 | 22,0 | 22,9 | 23,6 | 24,4 | 25,6 |
| 10 Minutos | 23,4 | 27,2 | 30,5 | 32,6 | 34,2 | 35,5 | 36,6 | 38,4 | 39,8 | 41,0 | 42,6 | 44,7 |
| 15 Minutos | 31,1 | 36,2 | 40,6 | 43,4 | 45,5 | 47,2 | 48,7 | 51,0 | 52,9 | 54,6 | 56,6 | 59,4 |
| 20 Minutos | 37,3 | 43,3 | 48,6 | 52,0 | 54,5 | 56,5 | 58,3 | 61,1 | 63,4 | 65,3 | 67,8 | 71,1 |
| 30 Minutos | 46,4 | 54,0 | 60,6 | 64,8 | 67,9 | 70,5 | 72,6 | 76,2 | 79,0 | 81,4 | 84,5 | 88,6 |
| 45 Minutos | 55,6 | 64,7 | 72,6 | 77,6 | 81,4 | 84,4 | 87,0 | 91,3 | 94,7 | 97,6 | 101,2 | 106,2 |
| 1 Hora | 61,8 | 71,9 | 80,6 | 86,2 | 90,4 | 93,8 | 96,7 | 101,4 | 105,2 | 108,4 | 112,5 | 117,9 |
| 2 Horas | 74,4 | 86,6 | 97,1 | 103,8 | 108,8 | 112,9 | 116,4 | 122,0 | 126,6 | 130,5 | 135,4 | 141,9 |
| 3 Horas | 80,1 | 93,1 | 104,4 | 111,7 | 117,1 | 121,5 | 125,2 | 131,3 | 136,2 | 140,4 | 145,6 | 152,7 |
| 4 Horas | 83,4 | 97,0 | 108,7 | 116,3 | 121,9 | 126,5 | 130,3 | 136,7 | 141,8 | 146,2 | 151,6 | 159,0 |
| 5 Horas | 85,5 | 99,5 | 111,6 | 119,3 | 125,1 | 129,8 | 133,8 | 140,3 | 145,5 | 150,0 | 155,6 | 163,2 |
| 6 Horas | 87,1 | 101,4 | 113,7 | 121,5 | 127,4 | 132,2 | 136,3 | 142,9 | 148,2 | 152,8 | 158,5 | 166,2 |
| 7 Horas | 88,3 | 102,8 | 115,2 | 123,2 | 129,2 | 134,1 | 138,2 | 144,9 | 150,3 | 154,9 | 160,7 | 168,5 |
| 8 Horas | 89,3 | 103,9 | 116,5 | 124,6 | 130,6 | 135,5 | 139,7 | 146,5 | 152,0 | 156,6 | 162,5 | 170,4 |
| 12 Horas | 91,8 | 106,8 | 119,8 | 128,1 | 134,3 | 139,4 | 143,6 | 150,6 | 156,2 | 161,0 | 167,1 | 175,2 |
| 14 Horas | 92,7 | 107,8 | 120,9 | 129,2 | 135,5 | 140,6 | 144,9 | 152,0 | 157,7 | 162,5 | 168,6 | 176,8 |
| 20 Horas | 94,4 | 109,8 | 123,1 | 131,6 | 138,0 | 143,2 | 147,6 | 154,7 | 160,5 | 165,4 | 171,7 | 180,0 |
| 24 Horas | 95,1 | 110,7 | 124,1 | 132,7 | 139,1 | 144,3 | 148,8 | 156,0 | 161,8 | 166,8 | 173,1 | 181,5 |

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Em março de 2023 ocorreram chuvas elevadas na região litorânea de Itapipoca, causando vários transtornos. Nesta ocasião na estação de Itapipoca foi registrada uma chuva de 121,0 mm com duração de 1 dia (07h-07h). Assumindo-se que a chuva observada de um dia tenha sido a maior em 24h, 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, 121,0 mm dividido por 24 h é 5,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{5,0(1440 + 27,9)^{0,9757}}{4346,5} \right]^{1/0,1651} = 8,2 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 8,2 anos corresponde a uma probabilidade de 12,2% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 5 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{8,2} 100 = 12,2\%$$

REFERÊNCIAS

GOOGLE EARTH. **Imagem de localização da Estação pluviométrica Itapipoca**. Brasil: Google, [2025]. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em: 25 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado**: Itapipoca. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/itapipoca/panorama>. Acesso em: 25 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado**: Itapipoca. Brasília: IBGE, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/itapipoca/panorama>. Acesso em: 25 jul. 2025.

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

ANEXO I

Série de Dados Utilizados por Duração (5 Min. - 1 Hora) - Altura de Chuva (mm).

| DATA | 5 MIN | DATA | 10 MIN | DATA | 15 MIN | DATA | 30 MIN | DATA | 45 MIN | DATA | 1H |
|------------|-------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|-------|
| 05/05/1966 | 10,10 | 05/05/1966 | 15,70 | 05/05/1966 | 21,00 | 05/05/1966 | 35,00 | 05/05/1966 | 46,70 | 05/05/1966 | 57,50 |
| 14/05/1966 | 10,00 | 03/02/1967 | 15,80 | 03/02/1967 | 19,20 | 20/12/1966 | 32,80 | 20/12/1966 | 40,30 | 20/12/1966 | 41,30 |
| 03/02/1967 | 12,40 | 20/05/1968 | 20,30 | 20/05/1968 | 26,50 | 03/02/1967 | 28,20 | 02/02/1967 | 37,30 | 02/02/1967 | 46,10 |
| 20/05/1968 | 12,50 | 28/12/1968 | 14,90 | 28/12/1968 | 20,60 | 14/02/1967 | 32,10 | 14/02/1967 | 45,10 | 14/02/1967 | 57,10 |
| 08/04/1969 | 9,20 | 26/04/1969 | 15,60 | 26/04/1969 | 21,40 | 20/05/1968 | 35,70 | 18/01/1968 | 34,40 | 26/03/1967 | 34,80 |
| 10/04/1971 | 9,40 | 21/01/1971 | 16,40 | 19/01/1970 | 18,50 | 28/12/1968 | 31,00 | 20/05/1968 | 35,80 | 18/01/1968 | 43,30 |
| 06/06/1971 | 10,70 | 30/04/1971 | 15,10 | 21/01/1971 | 20,80 | 26/04/1969 | 31,01 | 28/12/1968 | 37,90 | 20/05/1968 | 35,80 |
| 30/01/1972 | 9,90 | 21/01/1973 | 13,81 | 30/04/1971 | 19,10 | 19/01/1970 | 29,60 | 26/04/1969 | 32,80 | 28/12/1968 | 39,30 |
| 10/04/1973 | 9,70 | 26/04/1973 | 23,90 | 21/01/1973 | 20,20 | 18/01/1973 | 30,40 | 19/01/1970 | 31,30 | 26/04/1969 | 33,50 |
| 26/04/1973 | 14,70 | 28/03/1974 | 15,90 | 26/04/1973 | 32,50 | 10/04/1973 | 31,20 | 05/03/1970 | 34,00 | 05/03/1970 | 43,20 |
| 19/03/1975 | 9,30 | 11/02/1975 | 14,60 | 28/03/1974 | 21,70 | 26/04/1973 | 55,00 | 28/04/1972 | 30,80 | 18/01/1973 | 38,30 |
| 30/03/1975 | 11,30 | 19/03/1975 | 14,50 | 10/04/1974 | 18,10 | 28/03/1974 | 31,90 | 18/01/1973 | 35,60 | 21/01/1973 | 35,70 |
| 23/04/1975 | 12,70 | 30/03/1975 | 20,20 | 11/02/1975 | 20,10 | 10/04/1974 | 29,70 | 10/04/1973 | 42,20 | 10/04/1973 | 46,50 |
| 29/04/1975 | 9,80 | 23/04/1975 | 20,80 | 19/03/1975 | 19,70 | 11/02/1975 | 30,60 | 26/04/1973 | 59,40 | 26/04/1973 | 61,40 |
| 15/05/1975 | 11,90 | 05/05/1975 | 14,00 | 30/03/1975 | 25,60 | 19/03/1975 | 28,60 | 28/03/1974 | 38,00 | 28/03/1974 | 41,90 |
| 09/02/1976 | 13,50 | 15/05/1975 | 16,80 | 23/04/1975 | 30,40 | 30/03/1975 | 33,10 | 10/04/1974 | 33,40 | 10/04/1974 | 35,11 |
| 20/04/1979 | 10,90 | 09/02/1976 | 20,60 | 05/05/1975 | 19,30 | 23/04/1975 | 49,80 | 12/04/1974 | 34,80 | 12/04/1974 | 39,31 |
| 30/04/1979 | 9,81 | 07/02/1977 | 14,20 | 09/02/1976 | 28,60 | 05/05/1975 | 34,40 | 11/02/1975 | 35,10 | 11/02/1975 | 35,50 |
| 18/01/1980 | 10,60 | 24/04/1977 | 14,40 | 22/02/1979 | 18,70 | 09/02/1976 | 44,40 | 30/03/1975 | 33,10 | 30/03/1975 | 33,10 |
| 19/02/1980 | 9,31 | 20/04/1979 | 15,81 | 20/04/1979 | 20,81 | 22/02/1979 | 28,40 | 23/04/1975 | 59,20 | 23/04/1975 | 60,10 |
| 26/02/1980 | 11,31 | 19/02/1980 | 18,40 | 19/02/1980 | 24,40 | 20/04/1979 | 31,50 | 05/05/1975 | 43,30 | 05/05/1975 | 51,30 |
| 23/03/1981 | 9,71 | 23/03/1981 | 14,10 | 23/03/1981 | 18,51 | 19/02/1980 | 34,70 | 09/02/1976 | 47,10 | 09/02/1976 | 47,70 |
| 01/04/1981 | 10,20 | 01/04/1981 | 15,00 | 01/04/1981 | 19,11 | 25/02/1980 | 28,21 | 20/04/1979 | 35,81 | 20/04/1979 | 36,50 |
| 31/05/1982 | 10,61 | 07/01/1982 | 14,21 | 07/01/1982 | 18,90 | 23/03/1981 | 27,70 | 19/02/1980 | 45,90 | 19/02/1980 | 48,30 |
| 22/05/1984 | 9,82 | 22/05/1984 | 14,80 | 22/05/1984 | 19,71 | 08/05/1981 | 27,00 | 23/03/1981 | 31,80 | 08/05/1981 | 35,10 |

ANEXO I

Série de Dados Utilizados por Duração (2 Horas - 24 horas) - Altura de Chuva (mm).

| DATA | 2H | DATA | 3H | DATA | 4H | DATA | 8H | DATA | 14H | DATA | 24H |
|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|------|------------|-------|------------|------|
| 05/05/1966 | 68,30 | 05/05/1966 | 69,50 | 05/05/1966 | 71,30 | 05/05/1966 | 75,8 | 05/05/1966 | 75,8 | 05/05/1966 | 75,8 |
| 02/02/1967 | 48,10 | 28/05/1966 | 49,80 | 02/02/1967 | 59,10 | 02/02/1967 | 68,3 | 02/02/1967 | 105,0 | 13/02/1967 | 76,0 |
| 14/02/1967 | 72,00 | 02/02/1967 | 48,80 | 14/02/1967 | 72,90 | 14/02/1967 | 73,8 | 14/02/1967 | 74,5 | 26/03/1967 | 81,4 |
| 26/03/1967 | 51,80 | 14/02/1967 | 72,50 | 26/03/1967 | 53,40 | 26/03/1967 | 57,1 | 26/03/1967 | 57,5 | 27/12/1968 | 65,7 |
| 18/01/1968 | 45,70 | 26/03/1967 | 53,10 | 18/01/1968 | 45,80 | 27/12/1968 | 59,9 | 27/12/1968 | 65,7 | 31/03/1969 | 69,7 |
| 28/12/1968 | 47,80 | 18/01/1968 | 45,80 | 28/12/1968 | 55,00 | 31/03/1969 | 64,2 | 31/03/1969 | 67,3 | 25/04/1969 | 89,4 |
| 31/03/1969 | 40,40 | 28/12/1968 | 53,30 | 31/03/1969 | 52,00 | 26/04/1969 | 54,3 | 25/04/1969 | 57,1 | 22/01/1970 | 58,3 |
| 26/04/1969 | 52,10 | 31/03/1969 | 47,80 | 26/04/1969 | 53,00 | 22/01/1970 | 53,8 | 22/01/1970 | 54,8 | 04/03/1970 | 58,6 |
| 19/01/1970 | 40,00 | 26/04/1969 | 52,60 | 05/03/1970 | 58,50 | 05/03/1970 | 58,6 | 05/03/1970 | 58,6 | 27/03/1971 | 82,5 |
| 05/03/1970 | 58,00 | 19/01/1970 | 43,70 | 28/03/1971 | 67,00 | 28/03/1971 | 67,4 | 28/03/1971 | 72,3 | 17/01/1973 | 57,9 |
| 28/03/1971 | 55,20 | 05/03/1970 | 58,50 | 18/01/1973 | 53,50 | 17/01/1973 | 57,1 | 17/01/1973 | 57,2 | 10/04/1973 | 89,4 |
| 18/01/1973 | 46,50 | 28/03/1971 | 62,70 | 10/04/1973 | 76,70 | 10/04/1973 | 78,3 | 10/04/1973 | 79,1 | 26/04/1973 | 82,7 |
| 21/01/1973 | 41,40 | 18/01/1973 | 51,10 | 14/04/1973 | 49,90 | 14/04/1973 | 53,9 | 14/04/1973 | 53,9 | 02/04/1974 | 74,6 |
| 10/04/1973 | 68,00 | 10/04/1973 | 76,10 | 26/04/1973 | 66,20 | 26/04/1973 | 70,0 | 26/04/1973 | 77,7 | 08/04/1974 | 67,8 |
| 14/04/1973 | 49,00 | 14/04/1973 | 49,10 | 28/03/1974 | 46,50 | 03/04/1974 | 62,8 | 03/04/1974 | 64,3 | 30/04/1974 | 63,0 |
| 26/04/1973 | 61,50 | 26/04/1973 | 61,90 | 03/04/1974 | 60,70 | 10/04/1974 | 52,9 | 10/04/1974 | 52,9 | 12/05/1974 | 57,7 |
| 28/03/1974 | 45,40 | 28/03/1974 | 45,50 | 01/05/1974 | 47,30 | 01/05/1974 | 57,0 | 30/04/1974 | 61,0 | 24/05/1974 | 60,1 |
| 03/04/1974 | 46,60 | 03/04/1974 | 58,70 | 24/05/1974 | 46,30 | 24/05/1974 | 51,8 | 24/05/1974 | 60,1 | 23/04/1975 | 68,3 |
| 25/05/1974 | 41,60 | 25/05/1974 | 46,20 | 23/04/1975 | 65,30 | 23/04/1975 | 66,2 | 23/04/1975 | 68,2 | 04/05/1975 | 77,5 |
| 23/04/1975 | 63,30 | 23/04/1975 | 64,30 | 05/05/1975 | 64,50 | 05/05/1975 | 64,5 | 05/05/1975 | 71,7 | 07/02/1977 | 59,1 |
| 05/05/1975 | 64,50 | 05/05/1975 | 64,50 | 09/02/1976 | 50,80 | 07/02/1977 | 51,0 | 07/02/1977 | 51,4 | 21/02/1979 | 63,6 |
| 09/02/1976 | 50,50 | 09/02/1976 | 50,80 | 06/04/1977 | 48,30 | 21/02/1979 | 63,6 | 21/02/1979 | 63,6 | 19/02/1980 | 83,0 |
| 20/04/1979 | 47,70 | 06/04/1977 | 47,70 | 20/04/1979 | 50,00 | 20/04/1979 | 52,1 | 20/04/1979 | 52,1 | 23/03/1981 | 91,3 |
| 19/02/1980 | 56,80 | 20/04/1979 | 47,71 | 19/02/1980 | 67,50 | 19/02/1980 | 70,9 | 19/02/1980 | 79,1 | 27/03/1981 | 55,5 |
| 08/05/1981 | 40,10 | 19/02/1980 | 66,00 | 23/03/1981 | 56,40 | 23/03/1981 | 72,3 | 23/03/1981 | 76,5 | 26/01/1982 | 57,3 |

ANEXO II

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd1/Pd2)
Tempos de Retorno de 2 a 100 anos

| | RELAÇÃO 5 MIN/10 MIN | RELAÇÃO 10MIN/15 MIN | RELAÇÃO 15MIN/30 MIN | RELAÇÃO 30MIN/45 MIN | RELAÇÃO 45MIN/1H |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| Máxima | 0,66 | 0,76 | 0,65 | 0,85 | 0,91 |
| Mínima | 0,62 | 0,73 | 0,64 | 0,82 | 0,88 |
| Média | 0,62 | 0,74 | 0,64 | 0,82 | 0,89 |
| Mediana | 0,62 | 0,73 | 0,64 | 0,82 | 0,88 |

| | RELAÇÃO 1H/2H | RELAÇÃO 2H/3H | RELAÇÃO 3H/4H | RELAÇÃO 4H/8H | RELAÇÃO 8H/14H |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Máxima | 0,86 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,95 |
| Mínima | 0,82 | 0,93 | 0,96 | 0,92 | 0,84 |
| Média | 0,85 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,86 |
| Mediana | 0,85 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,85 |

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd/P1hora)
Tempos de Retorno de 2 a 100 anos

| | RELAÇÃO 5 MIN/1H | RELAÇÃO 10MIN/1H | RELAÇÃO 15MIN/1H | RELAÇÃO 30MIN/1H | RELAÇÃO 45MIN/1H |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Máxima | 0,25 | 0,39 | 0,51 | 0,78 | 0,91 |
| Mínima | 0,21 | 0,34 | 0,46 | 0,72 | 0,88 |
| Média | 0,22 | 0,35 | 0,47 | 0,73 | 0,89 |
| Mediana | 0,21 | 0,34 | 0,47 | 0,72 | 0,88 |

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd/Pd24horas)
Tempos de Retorno de 2 a 100 anos

| | RELAÇÃO 1H/24H | RELAÇÃO 2H/24H | RELAÇÃO 3H/24H | RELAÇÃO 4H/24H | RELAÇÃO 8H/24H | RELAÇÃO 14H/24H |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Máxima | 0,66 | 0,78 | 0,79 | 0,82 | 0,89 | 0,97 |
| Mínima | 0,61 | 0,74 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,93 |
| Média | 0,65 | 0,76 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,95 |
| Mediana | 0,65 | 0,77 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,95 |

ANEXO III

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximos por ano hidrológico (01/Dez a 30/Nov)

| N | AI | AF | DATA | PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (MM) | N | AI | AF | DATA | PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (MM) |
|----|------|------|----------|---------------------------------|----|------|------|----------|---------------------------------|
| 1 | 1973 | 1974 | 03/04/74 | 64,00 | 26 | 2001 | 2002 | 18/01/02 | 77,50 |
| 2 | 1974 | 1975 | 05/05/75 | 72,00 | 27 | 2002 | 2003 | 24/03/03 | 80,00 |
| 3 | 1975 | 1976 | 05/12/75 | 60,00 | 26 | 2003 | 2004 | 24/01/04 | 103,00 |
| 4 | 1976 | 1977 | 02/04/77 | 62,00 | 27 | 2004 | 2005 | 16/02/05 | 48,01 |
| 5 | 1977 | 1978 | 12/02/78 | 79,00 | 28 | 2005 | 2006 | 02/03/06 | 141,60 |
| 6 | 1978 | 1979 | 07/04/79 | 45,00 | 29 | 2006 | 2007 | 20/02/07 | 55,00 |
| 7 | 1979 | 1980 | 20/02/80 | 73,00 | 30 | 2007 | 2008 | 20/03/08 | 115,20 |
| 8 | 1980 | 1981 | 24/03/81 | 82,00 | 31 | 2008 | 2009 | 21/05/09 | 108,30 |
| 9 | 1981 | 1982 | 05/03/82 | 48,00 | 32 | 2009 | 2010 | 01/05/10 | 39,00 |
| 10 | 1982 | 1983 | 12/02/83 | 38,00 | 33 | 2010 | 2011 | 02/05/11 | 66,00 |
| 11 | 1983 | 1984 | 14/03/84 | 93,00 | 34 | 2011 | 2012 | 19/01/12 | 71,00 |
| 12 | 1984 | 1985 | 26/03/85 | 85,00 | 35 | 2012 | 2013 | 05/04/13 | 58,20 |
| 13 | 1985 | 1986 | 25/04/86 | 96,00 | 36 | 2013 | 2014 | 07/01/14 | 74,20 |
| 14 | 1986 | 1987 | 10/02/87 | 36,00 | 37 | 2014 | 2015 | 26/03/15 | 58,00 |
| 15 | 1987 | 1988 | 11/05/88 | 50,00 | 38 | 2015 | 2016 | 09/03/16 | 68,20 |
| 16 | 1989 | 1990 | 24/02/90 | 107,00 | 39 | 2016 | 2017 | 11/02/17 | 69,00 |
| 17 | 1990 | 1991 | 24/03/91 | 73,01 | 40 | 2018 | 2019 | 11/04/19 | 122,60 |
| 18 | 1994 | 1995 | 07/04/95 | 85,20 | 41 | 2019 | 2020 | 14/04/20 | 68,80 |
| 19 | 1995 | 1996 | 11/03/96 | 144,40 | 42 | 2020 | 2021 | 24/03/21 | 86,60 |
| 20 | 1996 | 1997 | 25/03/97 | 74,00 | 43 | 2021 | 2022 | 16/03/22 | 73,02 |
| 21 | 1997 | 1998 | 11/01/98 | 45,60 | 44 | 2022 | 2023 | 16/03/23 | 121,00 |
| 22 | 1998 | 1999 | 20/03/99 | 52,00 | 45 | 2023 | 2024 | 06/03/24 | 65,00 |
| 23 | 2000 | 2001 | 22/01/01 | 60,01 | | | | | |

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB 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 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 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, 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 com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – SGB 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.



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

