



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA - ITEC  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL - FEC

VICTOR GÓES KOURY

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS RECENTES ADIÇÕES NAS SÉRIES DE  
DADOS PLUVIOMÉTRICOS NAS INTENSIDADES DE CHUVA DE  
PROJETOS**

Belém

2026

VICTOR GÓES KOURY

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS RECENTES ADIÇÕES NAS SÉRIES DE  
DADOS PLUVIOMÉTRICOS NAS INTENSIDADES DE CHUVA DE  
PROJETOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

Belém

2026

VICTOR GÓES KOURY

## **Análise do impacto das recentes adições nas séries de dados pluviométricos nas intensidades de chuva de projetos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Belém, 25 de fevereiro de 2026

### **BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**MARCELO FIGUEIREDO MASSULO AGUIAR**

Data: 26/02/2026 10:44:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

#### **Orientador**

Documento assinado digitalmente



**CHRISTIANE LIMA BARBOSA**

Data: 26/02/2026 11:02:46-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Christiane Lima Barbosa

#### **Examinadora**

Documento assinado digitalmente



**GERMANA MENESCAL BITTENCOURT**

Data: 26/02/2026 11:17:52-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Germana Menescal Bittencourt

#### **Examinadora**

Aprovado, com conceito EXC, em

25 de fevereiro de 2026

## AGRADECIMENTOS

Um colega me disse após eu citar que estava executando o TCC: “é uma batalha”. De fato, é uma batalha. Trata-se de um trabalho científico especial, porque a resiliência em se encontrar a verdade dentro da pesquisa significa também poder chegar no início em uma nova etapa da minha vida, em que concluo um curso de ensino superior e posso exercer a profissão de engenheiro civil. Por poder estar neste momento eu devo ter gratidão.

Agradeço a Deus primeiramente, por me indicar meu caminho e as melhores escolhas.

Também agradeço aos meus pais Bruno Santos Koury e Maria Raimunda Góes Koury e a meu irmão Fábio Góes Koury, que me apoiam e estão do meu lado mesmo nos momentos mais complicados, pelo amor que me entregam. Sem eles seria muito mais difícil chegar aqui ou talvez eu não conseguisse.

Além disso, agradeço ao Professor Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar por repassar conhecimentos de hidrologia e drenagem de rodovias na disciplina Drenagem Aplicada à Infraestrutura de Transportes, por abrir as portas para que eu pudesse realizar este TCC com tema originário de suas ideias e pelas suas orientações para este trabalho.

A todos os leitores, agradeço o interesse, e desejo uma relevante e satisfatória leitura.

## RESUMO

KOURY, Victor Góes. **Avaliação do impacto das recentes adições nas séries de dados pluviométricos nas intensidades de chuva de projetos.** 2026. 165 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém.

A determinação de causas de incapacidade de suporte de sistemas de drenagem no Brasil diante das mudanças climáticas e aumento de frequência das chuvas extremas é um tema de estudo científico, pois é essencial entender suas causas para que tal situação seja enfrentada de maneira a evitar desastres. Sendo assim, com intuito principal de avaliar a influência das adições recentes nas séries de dados históricos na determinação dos valores de intensidade de chuva de projetos, a partir do estabelecimento de expressões de chuvas intensas (expressões IDF) e pares de tempo de retorno e de concentração recomendados pelo DNIT e DER/SP, escolheram-se cinco cidades brasileiras, uma em cada região do país (Castanhal/PA-Norte, Fortaleza/CE-Nordeste, Terenos/MS-Centro-Oeste, Belo Horizonte-Sudeste e Guaíba/RS-Sul), cinco estações pluviométricas localizadas nelas, e se estabeleceram, para cada uma, quatro expressões IDF, alterando-se a quantidade de dados pluviométricos de suas séries históricas com a inserção de 1, 5 e 10 anos de registros mais recentes, contados até o fim de 2024. Os resultados obtidos apontam que o desvio padrão da amostra de dados tem papel dominante na determinação dos maiores valores. Além disso, eles evidenciam que a ampliação em um, cinco ou dez anos em dados mais recentes de chuvas das estações selecionadas geram diferenças nos valores de intensidade de chuva de projeto de, no máximo, 9,09%, o que sugere causas divergentes da elevação de intensidade de chuva de projeto diante das mudanças climáticas para aumento de vazões e ocorrências de insuficiência de sistemas de drenagem, embora isto não signifique que dados de chuvas de anos seguintes possam ser ignorados.

**Palavras-Chave:** Intensidade de chuva de projeto. Mudanças climáticas. Equações IDF. Séries históricas de dados de precipitações no Brasil. Insuficiência de sistemas de drenagem.

## ABSTRACT

KOURY, Victor Góes. **Evaluation of the impact of recent additions to rainfall data series on design rainfall intensities**. 2026. 165 p. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém.

The determination of the causes of insufficient capacity of drainage systems in Brazil in the context of climate change and the increasing frequency of extreme rainfall is a subject of scientific study, as it is essential to understand these causes in order to address this situation in a way that prevents disasters. Thus, with the main objective of evaluating the influence of recent additions to historical data series on the determination of design rainfall intensity values, based on the establishment of intense rainfall expressions (IDF expressions) and pairs of return period and time of concentration recommended by DNIT and DER/SP, five Brazilian cities were selected, one in each region of the country (Castanhal/PA – North; Fortaleza/CE – Northeast; Terenos/MS – Central-West; Belo Horizonte – Southeast; and Guaíba/RS – South). Five rainfall stations located in these cities were chosen, and for each one, four IDF expressions were established by varying the amount of rainfall data in their historical series through the inclusion of 1, 5, and 10 years of the most recent records, counted up to the end of 2024. The results obtained indicate that the standard deviation of the data sample plays a dominant role in determining the highest values. Furthermore, they show that extending the rainfall records of the selected stations by one, five, or ten recent years generates differences in design rainfall intensity values of at most 9.09%, suggesting causes other than the increase in design rainfall intensity due to climate change for the rise in discharge and occurrences of drainage system insufficiency. However, this does not mean that rainfall data from subsequent years can be disregarded.

**Keywords:** Design rainfall intensity. Climate change. IDF equations. Historical rainfall data series in Brazil. Drainage system insufficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fatores $K_{TR}$ para 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.....	21
Figura 2 – Brasil dividido em Isozonas com respectivos coeficientes .....	23
Figura 3 – Localização das estações pluviométricas no Brasil por imagem de satélite, com rios e seus meandros destacados.....	29
Figura 4 – Localização da estação Castanhal .....	30
Figura 5 – Localização da estação Pici.....	30
Figura 6 – Localização da estação Jaraguá.....	31
Figura 7 – Localização da estação Caixa de Areia .....	31
Figura 8 – Localização da estação Guaíba Country Club .....	32
Figura 9 – Etapas do método .....	32
Figura 10 – Gráfico altura x duração x frequência para IDF 1 de Castanhal/PA (Castanhal).....	39
Figura 11 – Gráfico intensidade x duração x frequência para IDF 1 de Castanhal/PA (Castanhal).....	40
Figura 12 – Gráfico $\ln i$ em função de $\ln tc + c$ , para $T_R = 5$ anos e $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA,.....	41
Figura 13 – Gráfico $\ln i$ em função de $\ln tc + c$ , para $T_R = 10$ anos e $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA.....	41
Figura 14 – Gráfico $\ln i$ em função de $\ln tc + c$ , para $T_R = 15$ anos e $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA.....	42
Figura 15 – Gráfico $\ln i$ em função de $\ln tc + c$ , para $T_R = 20$ anos e $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA.....	42
Figura 16 – Gráfico $\ln i$ em função de $\ln tc + c$ , para $T_R = 25$ anos e $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA.....	43
Figura 17 – Gráfico $\ln i$ em função de $\ln tc + c$ , para $T_R = 50$ anos e $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA.....	43
Figura 18 – Gráfico $\ln i$ em função de $\ln tc + c$ , para $T_R = 100$ anos e $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA.....	44
Figura 19 – $\ln Z$ em função de $\ln T_R$ para IDF 1 de Castanhal/PA.....	46
Figura 20 – Gráfico descritivo de chuvas de Castanhal/PA com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal.....	68
Figura 21 – Gráfico descritivo de chuvas de Fortaleza/CE com base nos dados pluviométricos da estação Pici .....	69
Figura 22 – Gráfico descritivo de chuvas de Terenos/MS com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025) .....	70
Figura 23 – Gráfico descritivo de chuvas de Belo Horizonte/MG com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	71
Figura 24 – Gráfico descritivo de chuvas de Guaíba/RS com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	72
Figura 25 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Castanhal/PA com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal.....	73
Figura 26 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Fortaleza/CE com base nos dados pluviométricos da estação Pici .....	74

Figura 27 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Terenos/MS com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá.....	75
Figura 28 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Belo Horizonte/MG com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	76
Figura 29 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Guaíba/RS com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	77
Figura 30 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Castanhal/PA (Castanhal).....	78
Figura 31 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Castanhal/PA (Castanhal).....	78
Figura 32 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Castanhal/PA (Castanhal).....	79
Figura 33 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Fortaleza/CE (Pici) .....	79
Figura 34 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Fortaleza/CE (Pici) .....	80
Figura 35 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Fortaleza/CE (Pici) .....	80
Figura 36 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Fortaleza/CE (Pici) .....	81
Figura 37 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Terenos/MS (Jaraguá).....	81
Figura 38 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Terenos/MS (Jaraguá).....	82
Figura 39 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Terenos/MS (Jaraguá).....	82
Figura 40 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Terenos/MS (Jaraguá).....	83
Figura 41 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	83
Figura 42 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	84

Figura 43 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	84
Figura 44 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	85
Figura 45 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	85
Figura 46 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	86
Figura 47 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	86
Figura 48 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	87
Figura 49 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal .....	88
Figura 50 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal .....	89
Figura 51 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal .....	90
Figura 52 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal .....	91
Figura 53 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal .....	92
Figura 54 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal .....	93
Figura 55 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici .....	94
Figura 56 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Fortaleza /CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici	95
Figura 57 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici .....	96
Figura 58 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici.	97
Figura 59 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici .....	98
Figura 60 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici.	99
Figura 61 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici .....	100

Figura 62 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici 101	
Figura 63 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá.....	102
Figura 64 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá .....	103
Figura 65 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá.....	104
Figura 66 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá .....	105
Figura 67 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá.....	106
Figura 68 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá .....	107
Figura 69 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá.....	108
Figura 70 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá .....	109
Figura 71 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	110
Figura 72 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	111
Figura 73 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	112
Figura 74 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	113
Figura 75 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	114
Figura 76 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	115
Figura 77 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	116
Figura 78 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia .....	117

Figura 79 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	118
Figura 80 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	119
Figura 81 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	120
Figura 82 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	121
Figura 83 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	122
Figura 84 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	123
Figura 85 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	124
Figura 86 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	125
Figura 87 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Castanhal/PA (Castanhal) .....	126
Figura 88 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Castanhal/PA (Castanhal) .....	127
Figura 89 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Castanhal/PA (Castanhal) .....	128
Figura 90 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Fortaleza/CE (Pici) .....	129
Figura 91 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Fortaleza/CE (Pici) .....	130
Figura 92 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Fortaleza/CE (Pici) .....	131
Figura 93 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Fortaleza/CE (Pici) .....	132
Figura 94 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Terenos/MS (Jaraguá).....	133
Figura 95 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Terenos/MS (Jaraguá).....	134
Figura 96 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Terenos/MS (Jaraguá).....	135
Figura 97 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Terenos/MS (Jaraguá).....	136

Figura 98 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	137
Figura 99 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	138
Figura 100 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	139
Figura 101 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	140
Figura 102 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club) .....	141
Figura 103 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club) .....	142
Figura 104 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club) .....	143
Figura 105 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club) .....	144

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cidades e estações designadas às cinco regiões do Brasil .....	28
Tabela 2 – Condições definidas às expressões de chuvas intensas.....	33
Tabela 3 - Pares $T_R$ e $t_c$ recomendados pelo DNIT e DER/SP.....	34
Tabela 4 – Média aritmética das alturas máximas diárias anuais (P) e desvio padrão ( $\sigma$ ) .....	37
Tabela 5 – Precipitações estimadas para IDF 1 de Castanhal (Castanhal/PA) .....	38
Tabela 6 – Valores de altura de chuva calculadas para diferentes durações para IDF 1.	39
Tabela 7 – Valores de intensidade de chuva calculadas para diferentes durações para IDF 1 de Castanhal.....	40
Tabela 8 – Determinação da constante “d” da expressão IDF 1 com cálculo de d .....	45
Tabela 9 – Coeficientes “a”, “b”, “c” e “d” das expressões de chuvas intensas ajustadas às condições IDF 1, IDF 2, IDF 3 e IDF4 para Castanhal/PA, Fortaleza/CE, Terenos/MS, Belo Horizonte/MG e Guaíba/RS .....	47
Tabela 10 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Castanhal/PA (Castanhal).....	48
Tabela 11 – Valores de intensidade de chuva de projeto calculados .....	49
Tabela 12 – Precipitações máximas diárias anuais para Castanhal/PA, de acordo com dados pluviométricos da estação Castanhal .....	59
Tabela 13 – Precipitações máximas diárias anuais para Fortaleza/CE, de acordo com dados pluviométricos da estação Pici .....	61
Tabela 14 – Precipitações máximas diárias anuais para Terenos/MS, de acordo com dados pluviométricos da estação Jaraguá .....	63
Tabela 15 – Precipitações máximas diárias anuais para Belo Horizonte/MG, de acordo com dados pluviométricos da estação Caixa de Areia.....	65
Tabela 16 – Precipitações máximas diárias anuais para Guaíba/RS, de acordo com dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club .....	67
Tabela 17 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Castanhal/PA (Castanhal).....	145
Tabela 18 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Castanhal/PA (Castanhal).....	146
Tabela 19 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Castanhal/PA (Castanhal).....	147
Tabela 20 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Fortaleza/CE (Pici) .....	148
Tabela 21 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Fortaleza/CE (Pici) .....	149
Tabela 22 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Fortaleza/CE (Pici) .....	150
Tabela 23 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Fortaleza/CE (Pici) .....	151
Tabela 24 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Terenos/MS (Jaraguá) .....	152
Tabela 25 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Terenos/MS (Jaraguá) .....	153

Tabela 26 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Terenos/MS (Jaraguá) .....	154
Tabela 27 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Terenos/MS (Jaraguá) .....	155
Tabela 28 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	156
Tabela 29 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	157
Tabela 30 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	158
Tabela 31 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia).....	159
Tabela 32 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	160
Tabela 33 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	161
Tabela 34 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	162
Tabela 35 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club).....	163

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Objetivos.....	14
1.1.1. Objetivo geral .....	14
1.1.2. Objetivos específicos .....	15
1.2. Justificativa.....	15
1.3. Estrutura da apresentação escrita.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Mudanças climáticas e aumento da frequência de chuvas extremas no Brasil.....	17
2.2. Parâmetros fundamentais de caracterização de chuvas à engenharia e séries históricas de dados de precipitação .....	18
2.3. Métodos de modelagem de valores extremos aplicados à hidrologia .....	19
2.3.1. Método de Gumbel.....	20
2.4. Métodos de desagregação de chuvas .....	22
2.4.1. Método das Isozonas (Torricio, 1974).....	22
2.5. Constantes das expressões de chuvas intensas .....	23
2.6. Avaliação da capacidade preditiva das expressões de chuva.....	25
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E MÉTODO .....	27
3.1. Caracterização da área de estudo.....	27
3.2. Método.....	32
4. RESULTADOS.....	36
4.1. Etapa 1 – Determinação de pares ordenados de duração x altura e duração x intensidade.....	36
4.1.1. Modelagem de valores máximos de precipitação.....	36
4.1.2. Desagregação de chuvas pelo Método das Isozonas .....	38
4.3. Etapa 2 – Estabelecimento das constantes das expressões de chuvas intensas ...	40
4.4. Etapa 3 – Validação das expressões de chuvas intensas através do cálculo de COE's.....	47
4.5. Etapa 4 – Cálculo de chuvas de projeto para dispositivos de drenagem de rodovias .....	48
4.6. Considerações finais .....	50
5. CONCLUSÃO.....	53
5.1. Sugestões para trabalhos futuros .....	58
REFERÊNCIAS .....	59

APÊNDICE A – PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS, GRÁFICOS DESCRITIVOS DE CHUVAS E GRÁFICOS DE MÉDIA MÓVEL PARA INTERVALOS DE 5 ANOS .....	59
APÊNDICE B – ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE UM DIA ESTIMADAS PELO MÉT. DE GUMBEL E VALORES DE ALTURAS E INTENSIDADE CALCULADOS A PARTIR DO MÉT. DAS ISOZONAS (EXCETO PARA IDF 1 DE CASTANHAL/PA) .....	78
APÊNDICE C – CURVAS ALTURA X DURAÇÃO X FREQUÊNCIA E INTENSIDADE X DURAÇÃO X FREQUÊNCIA (EXCETO PARA IDF 1 DE CASTANHAL/PA) .....	88
APÊNDICE D – ESTABELECIMENTO DAS CONSTANTES “a”, “b”, “c” E “d” E EXPRESSÕES DE CHUVAS (EXCETO PARA IDF 1 DE CASTANHAL/PA) .....	126
APÊNDICE E – VALORES CALCULADOS PARA DEFINIÇÃO DOS COE’S (EXCETO DE IDF1 DE CASTANHAL/PA) .....	145

## 1. INTRODUÇÃO

É recorrente ver em noticiários ou presenciar ocorrências de incapacidade de suporte de sistemas de drenagem no Brasil, especialmente em períodos chuvosos. Segundo Martinez *et al. apud* Aliança Brasileira pela Cultura Oceânica (2025), o número de desastres, como deslizamentos e enchentes, aumentou exponencialmente nos anos mais recentes. De 1991 a 2023, o Brasil teve 26.767 desastres relacionados a chuvas, o que afetou 91 milhões de pessoas e matou 4.247. Percebe-se um forte incremento no número desses desastres a partir de 2020: foram 2.335 registros na década de 90, ante 7.539 entre 2020 e 2023. Trata-se de um aumento de 222%. Os pesquisadores afirmam que o crescimento está associado ao aquecimento global. Além disto, Marengo *et al.* (2024), destacam que a tragédia de inundações ocorrida no Rio Grande do Sul em 2024, por exemplo, “foi caracterizada por uma combinação de eventos extremos de precipitação crescente e mudanças nos padrões regionais de circulação”. Na investigação científica dos desafios observados para projetos de drenagem, pode-se executar o caminho de estudar as séries de dados históricos de chuvas, levando em consideração que elas são utilizadas para estabelecimento das equações de chuvas intensas (equações IDF).

Em bacias de menores extensões, o método racional, que depende da intensidade máxima da chuva (Teixeira *et al.*, 2011 *apud* Aragão *et al.*, 2013), é bastante utilizado à determinação da vazão de contribuição para projetos de sistemas de drenagem. É comum obter-se a intensidade de chuva de projeto por meio de equações de chuvas intensas, (equações IDF). Porém, diante das transformações climáticas, até qual momento uma dada expressão IDF ainda é capaz de traduzir um cenário atual de intensidade de chuva de uma determinada localidade brasileira? Buscando-se obter evidências científicas à resposta desta questão, no sentido de contribuir para determinação de causas de incapacidade de suporte de sistemas de drenagem no Brasil, a avaliação do impacto de mudanças no decorrer do tempo nas séries históricas de dados nas intensidades de chuva de projetos é bastante relevante.

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivo geral

Avaliar, mediante estabelecimento de expressões IDF e cálculo de valores com parâmetros recomendados pelo DNIT e/ou DER/SP, o impacto da adição de um, cinco e

dez mais recentes anos em dados de série histórica de registros de chuvas, nas intensidades de precipitação de projeto em localidades brasileiras.

#### 1.1.2. Objetivos específicos

- Obter dados pluviométricos de precipitação máxima diária, através de coleta e tratamento;
- Obter curvas de altura x duração x frequência, de intensidade x duração x frequência e expressões IDF para cinco municípios, sendo um em cada região geográfica do país;
- Avaliar as mudanças nas equações IDF e nas respectivas intensidades de chuva de projetos quando se adiciona 1 ano à série histórica de dados;
- Avaliar as mudanças nas equações IDF e nas respectivas intensidades de chuva de projetos quando se adiciona 5 anos à série histórica de dados;
- Avaliar as mudanças nas equações IDF e nas respectivas intensidades de chuva de projetos quando se adiciona 10 anos à série histórica de dados.

### 1.2. Justificativa

Diante das mudanças climáticas e o aumento notado e projetado de frequência de chuvas extremas no Brasil e no sentido de se evitarem desastres devido a insuficiência de sistemas de drenagem, “a engenharia brasileira deve iniciar um processo de desenvolvimento de técnicas baseadas em gestão de risco adaptativa, [...] mudando o paradigma de operação e dimensionamento das infraestruturas” (Fioreze *et al. apud* ANA; 2025). Para que isto aconteça, é fundamental que se estude e investigue cientificamente as mudanças de precipitação. Neste sentido, a avaliação do impacto das recentes adições nas séries de dados pluviométricos, que são comumente utilizados para estabelecimento de expressões IDF, nas intensidades de chuva de projetos deve ser executada e divulgada.

### 1.3. Estrutura da apresentação escrita

Com o intuito de organizar as informações a serem transmitidas, seccionou-se a apresentação em cinco capítulos e cinco apêndices. Além do Capítulo 1 – Introdução, o Capítulo 2 – Revisão bibliográfica é a síntese da literatura científica existente (artigos, livros, teses) sobre temas intimamente ligados a avaliação do impacto das recentes adições nas séries de dados pluviométricos nas intensidades de chuva. Portanto, é um resumo sobre a base científica para isto. Por conseguinte, o Capítulo 3 – Caracterização da área de estudo e método é a seção em que se especifica as cidades e estações pluviométricas escolhidas e demonstra o caminho percorrido na investigação científica.

Já o Capítulo 4 – Resultados é a seção principal da apresentação onde se demonstram, de forma explicativa, os resultados obtidos e as principais descobertas da pesquisa. Por fim, o Capítulo 5 – Conclusão, trata-se do fechamento da apresentação, na qual se reiteram os resultados alcançados, de forma direta e resumida, além de propor sugestões para trabalhos futuros. Nos Apêndices A, B, C, D e E há Tabelas e Figuras para fundamentar, complementar ou ilustrar a argumentação sem interrupção de fluidez do texto principal.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo 2, dissertar-se-á sobre temas fundamentais à avaliação do impacto das recentes adições nas séries de dados pluviométricos nas intensidades de chuva de projetos. Haverá a contextualização do Brasil diante do aumento de chuvas extremas a partir das mudanças climáticas. Por conseguinte, há a definição de conceitos de parâmetros fundamentais da caracterização de chuvas à engenharia e características dos registros de dados de chuva no Brasil. Por último, explanam-se procedimentos que permitem afirmar e validar expressões IDF a partir de dados de séries históricas registrados por pluviômetros.

### 2.1. Mudanças climáticas e aumento da frequência de chuvas extremas no Brasil

Ao Brasil, devido às mudanças climáticas, segundo Fioreze *et al. apud* ANA (2025), é esperado um aumento nas precipitações intensas de curta duração (por exemplo, um dia) em praticamente todo o território nacional. Mas, mais do que isso, os aumentos de frequência de chuvas classificadas como extremas já são sentidos na sociedade brasileira algumas localidades, como no Sul do Brasil.

Extremos de chuva na região Sul do Brasil estão aumentando em intensidade e frequência desde 1950, e os aumentos de eventos de chuva projetados nos médio e longo prazos servem de alerta em relação à intensidade e frequência de eventos extremos de chuva (Marengo *et al.*, 2024).

Segundo Martinez *et al. apud* Aliança Brasileira pela Cultura Oceânica (2025) os seguintes eventos com ocorrência a partir de 2020 estão associados ao aquecimento global:

- Chuvas e inundações extraordinárias que causaram um dos maiores desastres climáticos do Brasil em abril e maio de 2024 no Rio Grande do Sul;
- Chuvas extremas no litoral de São Paulo em que Bertioga/SP e São Sebastião/SP registraram acumulados de chuvas superiores a 600 mm em menos de 24 horas, em março de 2023;
- Chuva extremas, com precipitação diária recorde de 530 mm em um dia, envolvendo deslizamentos e mortes em Petrópolis/RJ em 2022.

- Chuvas extremas que causaram grandes inundações no sul da Bahia, em dezembro de 2021;
- Chuvas extremas no litoral de São Paulo em março de 2020 envolvendo deslizamentos e mortes.

## **2.2. Parâmetros fundamentais de caracterização de chuvas à engenharia e séries históricas de dados de precipitação**

Para dimensionamento hidráulico de dispositivos e sistemas de drenagem, há parâmetros fundamentais de caracterização de precipitação. São eles: altura de precipitação, intensidade de precipitação, tempo de duração e tempo ou período de retorno. A altura pluviométrica expressa a espessura média da lâmina d'água precipitada em unidade de área, desconsiderando-se fenômenos de perda. Em geral, é expressa em milímetros por metro quadrado de bacia hidrográfica. Tempo de duração é o intervalo de tempo durante o qual ocorre a precipitação. Costuma ser utilizado em cálculos hidrológicos com minutos como unidade. Por sua vez, a intensidade de precipitação é o valor da razão entre a altura precipitada e sua duração (Aragão *et al.*, 2013). Para fins de estimativa de vazão máxima, a intensidade máxima da precipitação associada a um período de retorno e ao tempo de concentração da bacia é a variável de interesse (Aragão *et al.*, 2013).

O tempo de concentração, como parâmetro hidrológico invariável, pode ser definido como o tempo necessário para uma gota d'água caminhar superficialmente do ponto mais distante (em percurso hidráulico) da bacia até o seu exutório (McCuen *et al.*, 1984). Uma avaliação deste tempo poderia ser feita pelo tempo decorrido entre o fim da chuva (tempo em que caíram as últimas gotas sobre todos os pontos da bacia, portanto incluindo o ponto mais distante) e o tempo de fim do escoamento superficial detectado no hidrograma (instante de chegada da gota do ponto mais distante). Em resumo, o tempo de concentração seria o tempo entre o fim da chuva efetiva e o fim do escoamento superficial direto. (Silveira, 2005).

Ademais, tempo de retorno, geralmente expresso em anos, é o tempo médio necessário para que um evento de precipitação ocorra ou seja superado e é igual ao inverso da probabilidade da ocorrência disto em qualquer ano (Batista *et al.*, 2018). Destaca-se que a observação da relação entre a duração, intensidade e frequência de ocorrência das

precipitações em determinado período de retorno pose ser executada através das expressões de chuvas intensas.

Também chamadas de equações IDF, as equações de chuvas intensas foram definidas de forma pioneira e publicadas no Brasil a partir do trabalho de Pfafstetter (1957) para 98 localidades, com base em dados dos postos do serviço de meteorologia do Ministério da Agricultura (Souza *et al.*, 2012). Para sua determinação, o ponto de partida é a obtenção de séries históricas de dados de chuvas. É importante que estes dados sejam coletados na cidade ou regiões próximas para qual se deseja a estabelecer, visto que eles diferem significativamente entre localidades, seja suficientemente extensa, e apresente dados confiáveis. Embora a coleta de dados de precipitação através de pluviógrafos seja mais adequada para estabelecimento de equações IDF, por registrar precipitações de forma contínua em função do tempo, ela dificilmente ocorre no Brasil em razão da baixa densidade de pontos de coleta e do pequeno período de observações normalmente disponíveis (Souza *et al.*, 2011). Neste contexto, os dados são geralmente coletados através de pluviômetros que, diferentemente dos pluviógrafos, é um instrumento de leitura pontual, que informa altura de chuva em um período de um dia, mas não como ela se distribuiu. Agência Nacional de Águas (ANA) disponibiliza no portal HidroWeb, dados de estações pluviométricas sob sua responsabilidade e de organizações como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Defesa Civil dentre outras.

Quando não existem dados pluviográficos nas proximidades da obra, mas dispõe-se de pelo menos um pluviômetro com o mínimo de anos de observações, pode-se correlacionar a precipitação a um posto pluviográfico através do estudo estatístico de um posto representativo, com dados diários de leituras de pluviômetro (DNIT, 2005).

Em posse das séries de dados de chuvas, é necessário tratá-los de forma que se determine o conjunto de valores máximos de precipitação anual de cada ano da série. Após isto, devem-se calcular a média aritmética e o desvio padrão deste conjunto.

### **2.3. Métodos de modelagem de valores extremos aplicados à hidrologia**

Além de se seguirem recomendações de valores diretos de períodos de retorno de instituições como o DNIT, no Brasil, definem-se os períodos de retorno para projeto de

dispositivos hidráulicos de drenagem de acordo com a importância e magnitude das obras. Quanto maior o período de retorno, maiores são as alturas de precipitação a ele associado. No sentido de estimar valores máximos de precipitação para períodos de retorno almejados, devem-se ajustar os dados existentes a um modelo estatístico adequado. Há métodos aplicáveis à hidrologia capazes de modelar valores máximos extremos. Batista *et al.* (2018) cita cinco métodos: Gamma II, Gamma III, Log Normal II, Log normal III e Gumbel. Além disso, Aragão *et al.* (2013) citam os métodos de Weibull e de Log Pearson Tipo III.

### 2.3.1. Método de Gumbel

“Segundo Silva *et al.* (2002) o modelo de Gumbel foi o que apresentou melhor ajuste aos dados de intensidades máximas médias de precipitação pluvial pelo teste de Kolmogorov-Smirnov” (Souza *et al.*, 2012). Ele é um dos mais utilizados para determinação de equações IDF no Brasil e se traduz a sequência de seu método pelas Equações 1, 2 e 3 (Pinto, 1995):

$$Y_{TR} = - \ln [ - \ln (1 - 1/T_R) ] \quad (1)$$

$$K_{TR} = 0,45 + 0,78 \times Y_{TR} \quad (2)$$

$$X_{TR} = \bar{X} + K_{TR} \times S \quad (3)$$

em que:

$Y_{TR}$  - variável reduzida da distribuição de Gumbel

$T_R$  - Período de retorno, em anos

$X_{TR}$  - precipitação máxima diária para determinado  $T_R$ , em mm

$K_{TR}$  - fator de frequência, adimensional

$X$  e  $S$  - média da precipitação máxima diária, em mm, e o desvio padrão dos dados de precipitação máxima diária, em mm

Na prática, na determinação de chuvas de projeto, os engenheiros costumam obter valores de fator de frequência  $K_{TR}$  através de tabelas, como a contida na Figura 1. A partir

disto, obtém-se o valor da precipitação máxima diária modelada ( $X_{TR}$ ) com a aplicação da fórmula de Ven Te Chow (Equação 3).

Figura 1 – Fatores  $K_{TR}$  para 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos

PERÍODO DE RECORRÊNCIA ( $T_r$ , anos)							
N/ $T_r$	5,00	10,0	15,0	20,0	25,0	50,0	100
10	1,058	1,848	2,289	2,606	2,847	3,588	4,323
11	1,034	1,809	2,242	2,553	2,789	3,516	4,238
12	1,013	1,777	2,202	2,509	2,741	3,456	4,166
13	0,996	1,748	2,168	2,470	2,699	3,405	4,105
14	0,981	1,721	2,138	2,437	2,663	3,360	4,052
15	0,967	1,703	2,112	2,410	2,632	3,321	4,005
16	0,955	1,682	2,087	2,379	2,601	3,283	3,959
17	0,943	1,664	2,066	2,355	2,575	3,250	3,921
18	0,934	1,649	2,047	2,335	2,552	3,223	3,888
19	0,924	1,636	2,032	2,317	2,533	3,199	3,860
20	0,919	1,625	2,018	2,302	2,517	3,179	3,836
21	0,911	1,613	2,004	2,286	2,500	3,157	3,810
22	0,905	1,603	1,992	2,272	2,484	3,138	3,787
23	0,899	1,593	1,980	2,259	2,470	3,121	3,766
24	0,893	1,584	1,969	2,247	2,457	3,104	3,747
25	0,888	1,575	1,958	2,235	2,444	3,088	3,729
26	0,883	1,568	1,949	2,224	2,432	3,074	3,711
27	0,879	1,560	1,941	2,215	2,422	3,061	3,696
28	0,874	1,553	1,932	2,205	2,412	3,048	3,681
29	0,870	1,547	1,924	2,196	2,402	3,037	3,667
30	0,866	1,541	1,917	2,188	2,393	3,026	3,653
31	0,863	1,535	1,910	2,180	2,385	3,015	3,641
32	0,860	1,530	1,904	2,173	2,377	3,005	3,629
33	0,856	1,525	1,897	2,166	2,369	2,996	3,618
34	0,853	1,520	1,892	2,160	2,362	2,987	3,608
35	0,851	1,516	1,886	2,152	2,354	2,979	3,598
36	0,848	1,511	1,881	2,147	2,349	2,971	3,588
37	0,845	1,507	1,876	2,142	2,344	2,963	3,579
38	0,843	1,503	1,871	2,137	2,338	2,957	3,571
39	0,840	1,499	1,867	2,131	2,331	2,950	3,563
40	0,838	1,495	1,862	2,126	2,326	2,943	3,554
<b>41</b>	<b>0,836</b>	<b>1,492</b>	<b>1,858</b>	<b>2,121</b>	<b>2,321</b>	<b>2,936</b>	<b>3,547</b>
42	0,834	1,489	1,854	2,117	2,316	2,930	3,539
43	0,832	1,485	1,850	2,112	2,311	2,924	3,532
44	0,830	1,482	1,846	2,108	2,307	2,919	3,526
45	0,828	1,478	1,842	2,104	2,303	2,913	3,519
46	0,826	1,476	1,839	2,100	2,298	2,903	3,513
47	0,824	1,474	1,836	2,096	2,291	2,903	3,507
48	0,823	1,471	1,832	2,093	2,290	2,898	3,501
49	0,821	1,469	1,830	2,090	2,287	2,894	3,496
50	0,820	1,466	1,827	2,086	2,283	2,889	3,490
51	0,818	1,461	1,824	2,083	2,280	2,885	3,486
52	0,817	1,462	1,821	2,080	2,276	2,881	3,481
53	0,815	1,459	1,818	2,077	2,273	2,875	3,474
54	0,814	1,457	1,816	2,074	2,270	2,873	3,471
55	0,813	1,455	1,813	2,071	2,267	2,869	3,467
56	0,812	1,453	1,811	2,069	2,264	2,865	3,462
57	0,810	1,451	1,809	2,063	2,261	2,862	3,458
58	0,809	1,449	1,805	2,064	2,258	2,858	3,454
59	0,808	1,448	1,801	2,061	2,256	2,855	3,450
60	0,807	1,446	1,802	2,059	2,253	2,852	3,446

Calculado por M. D. Reid em novembro de 1942, sendo  $T_r$  o período de recorrência e N o número de eventos considerados.

Fonte: Maia Melo Engenharia ([s. d.]

## 2.4. Métodos de desagregação de chuvas

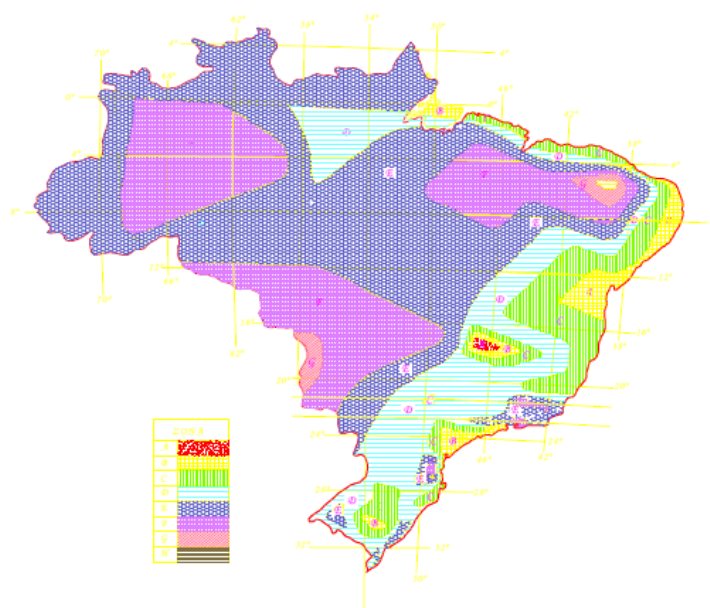
“Algumas metodologias foram desenvolvidas no Brasil com vista à obtenção de chuvas de menor duração a partir de registros pluviométricos diários devido à existência no território nacional de vasta rede pluviométrica” (Souza *et al.*, 2012). Nesse contexto, Destacam-se além do Método DAEE/CETESB (1980), o Método das Isozonas (1974).

### 2.4.1. Método das Isozonas (Torrigo, 1974)

O Método das Isozonas é devido ao engenheiro Jaime Taborga Torrico. Primeiramente, segundo este método, multiplicam-se os valores de precipitação obtidos pelo fator de 1,095, no sentido de convertê-los em chuvas de 24h. Além disso, há a divisão do Brasil em oito zonas: A, B, C, D, E, F, G, H. Chamadas de Isozonas, elas apresentam coeficientes de desagregação de precipitações de 24h em chuvas de menor duração para toda sua respectiva extensão. A Figura 2 demonstra o Brasil segmentado em isozonas, além dos coeficientes de desagregação para precipitações de menor duração.

Torrigo (1974) elaborou um mapa, identificando 8 zonas de relações iguais entre a precipitação máxima anual de 1 hora e de 24h, para diferentes tempos de retorno. Apresentou também as relações entre as alturas de precipitação de 6min e de 24h, para tempos de retorno entre 5 e 50 anos e 100 anos. Para isso, ele utilizou as mesmas estações de Pfafstetter (1957). Ele propôs também a utilização de um coeficiente igual a 1,095 para conversão da chuva de um dia em chuva de 24h. Assim, as chuvas de 1 hora e 6 min podem ser obtidas para o tempo de retorno escolhido (Batista *et al.*, 2018)

**Figura 2 – Brasil dividido em Isozonas com respectivos coeficientes**



ZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
	1 Hora / 24 horas chuva										6min 24h Chuva	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5-50	100
A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Fonte: Maia Melo Engenharia (2012)

Após a definição de valores de precipitação máximas, estimados pelo modelo adequado, para os tempos de retorno buscados, referentes a diferentes tempos de duração, há a possibilidade de estabelecerem-se, para cada tempo de retorno, pares ordenados de tempo de duração x altura e de tempo de duração x intensidade de chuva, além das de curvas de altura-duração-frequência e de intensidade-duração-frequência (IDF).

## 2.5. Constantes das expressões de chuvas intensas

As expressões IDF costumam possuir a estrutura da Equação 4 (Aragão *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2012; Villela; Mattos, 1975):

$$i = \frac{a \times T_R^b}{(t_c + c)^d} \quad (4)$$

Em que:

$i$  = intensidade de chuva (mm/h);

$a, b, c, d$  = constantes relacionadas a localidade da bacia hidrográfica;

$T_R$  = tempo de retorno (anos);

$t_c$  = tempo de duração ou concentração (minutos).

Podem-se definir os parâmetros “ $a$ ”, “ $b$ ”, “ $c$ ” e “ $d$ ” por meio do emprego de regressão linear ou de regressão não linear (Aragão *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2014). Para o ajuste através da regressão não linear, Campos *et al.* (2014), por exemplo, aplicaram o método de interação de Gradação Reduzida Generalizada (GRG) Não Linear.

Já para o estabelecimento através de regressão linear, pode-se executar o método apresentado por Villela e Mattos (1975). A definição da constante “ $c$ ” – embora possa se realizar por processo semi gráfico (Wilken, 1978) – ocorre, segundo este método, por meio de iteração, avaliando-se a conversão da curva intensidade x duração x frequência em uma reta através de regressão linear.

Para a determinação dos parâmetros da equação lançam-se em coordenadas logarítmicas as séries das intensidades médias máximas ( $i$ ) em função do intervalo de duração ( $t$ ), unindo-se os valores com o mesmo período de retorno ( $T$ ), obtém-se uma família de curvas paralelas. [...] Marcando-se como abcissas não as durações, mas estas acrescidas de uma constante convenientemente escolhida, consegue-se em geral transformar essa curva em reta. Por tentativas verifica-se qual a constante  $t_0$  que adicionada à duração  $t$  permite anamorfose (Villela; Mattos, 1975).

Conforme apontado por Wilken (1978), “ $c$ ”, ou “ $t_0$ ” de Villela e Mattos, expressa em minutos, é uma constante que permite anamorfose, isto é, a partir de sua adição a  $t_c$ , define o quanto o traço de uma função se aproxima da forma de uma reta ou não. Trata-se de uma transformação matemática de curva não-linear em uma linha reta. Denota-se

que é adequado obter-se "c" de forma unificada, com todos os períodos de retorno selecionados para o que se busca em termos de dimensionamento hidráulico.

Os valores de "a", "b" e "d", por outro lado, definem-se com a geração de um parâmetro "Z" que substitui o numerador da Equação 4, conforme 5 e 6.

$$Z = a \times T_R^b \quad (5)$$

$$i = \frac{Z}{(t_c + c)^d} \quad (6)$$

Ao logaritmizar, com o logaritmo natural (ou logaritmo de outra base), em ambos os lados das Equações 5 e 6 e aplicar propriedades dos logaritmos, torna-se factível transformá-las em expressões de primeiro grau (linearização), tomando os coeficientes lineares como "Ln (a)" e "Ln (Z)" e os coeficientes angulares como "b" e "d", em conformidade as Equações 7 e 8.

$$\mathbf{Ln(Z) = Ln(a) + b.Ln(T_R)} \quad (7)$$

$$\mathbf{Ln(i) = Ln(Z) + d.Ln(t_c + c)} \quad (8)$$

A partir da Equação 8 para cada período de retorno, os valores de "d" são determinados. Em seguida, juntamente como valor de "Ln (Z)", realiza-se a média aritmética desses valores, obtendo o valor de "d" que de fato compõe a expressão IDF objetivada. Posteriormente, utiliza-se a Equação 7 para a afirmação dos valores de "a" e "b". Com todas as constantes definidas à Equação 6, há o estabelecimento da expressão de chuva.

## **2.6. Avaliação da capacidade preditiva das expressões de chuva**

De acordo com Oliveira (2017), um dos principais critérios para avaliar a capacidade preditiva de modelos hidrológicos é o Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe (COE). Tal coeficiente é calculado através da Equação 9, podendo-se obter valores reais no intervalo ]-∞, 1].

$$\text{COE} = 1 - \sum_{j=1}^n \frac{(E_m - E_s)^2}{(E_m - \bar{E}_s)^2} \quad (9)$$

Em que:

$E_m$  – evento observado;

$E_s$  – evento simulado;

$n$  – número de eventos;

$\bar{E}_s$  – Média aritmética do evento observado no período de simulação.

Silva *et al. apud* Oliveira (2017), afirmam que quando o valor calculado de COE é maior que 0,75, considera-se que um modelo possui um bom desempenho. Já quando se encontra valor de COE entre 0,36 e 0,75, classifica-se seu desempenho como aceitável, enquanto um valor inferior a 0,36 designa tal modelo com um que possui desempenho inaceitável.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E MÉTODO

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

No intuito de entender-se o impacto da inserção ou retirada de dos últimos anos em dados da série histórica de registros pluviométricos nas expressões IDF em uma abrangência nacional, e não em apenas um estudo de caso localizado, selecionaram-se cinco cidades representantes de cada região do Brasil em acordo com a atual divisão regional do Brasil afirmada pelo IBGE (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul) e cinco estações pluviométricas, uma de cada cidade, identificadas no portal *HidroWeb*. Além disto, exigiu-se que as estações possuíssem no mínimo 25 anos em dados, contados até fim de dezembro de 2024, e estivessem dispostos em séries contínuas (com poucas e curtas interrupções em registros).

Definiram-se para o Norte do Brasil a de Castanhal-PA e a estação de nome Castanhal, a qual posiciona-se na bacia hidrográfica do Atlântico, Trecho Norte/Nordeste, é de responsabilidade da ANA, operada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) e uma das poucas da cidade presentes no *HidroWeb*. Todavia, apresenta 53 anos de registros de chuvas com a maior parte deles com a classificação de dados consistidos.

Para retrato do Nordeste, selecionaram-se a cidade de Fortaleza-CE e a estação Pici, que se localiza no litoral nordestino e, assim como Castanhal, na bacia do Atlântico, Trecho Norte/Nordeste. Ela trata-se de uma das principais da capital cearense possuindo quantidade de mais de um século em dados no *HidroWeb*, com registros de 01/1919 a 01/2025 e poucas falhas. Tal estação é atualmente monitorada e operada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME/CE.

Escolheram-se Terenos-MS e a estação Jaraguá, a qual é de incumbência da ANA e operação do SGB-CPRM, localizando-se na bacia hidrográfica do Rio Paraná, a cerca de 31 km da capital do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, para representação do Centro-oeste brasileiro.

Para retratar o Sudeste do Brasil, designaram-se a cidade de Belo Horizonte-MG e a estação de Caixa de areia, a qual se localiza na bacia do Rio São Francisco, é de encargo da ANA e operada pelo SGB-CPRM.

Para representação do Sul, procurou-se escolher uma cidade do Rio Grande do Sul, levando em consideração as chuvas e inundações recordes que houve em 2024.

Decidiu-se pela cidade de Guaíba-MS e a estação pluviométrica de Guaíba Country Club que se situa na bacia do Atlântico, Trecho Sudeste, é, assim como Castanhal, Jaraguá e Caixa de Areia, de responsabilidade da ANA e operada pelo SGB-CPRM.

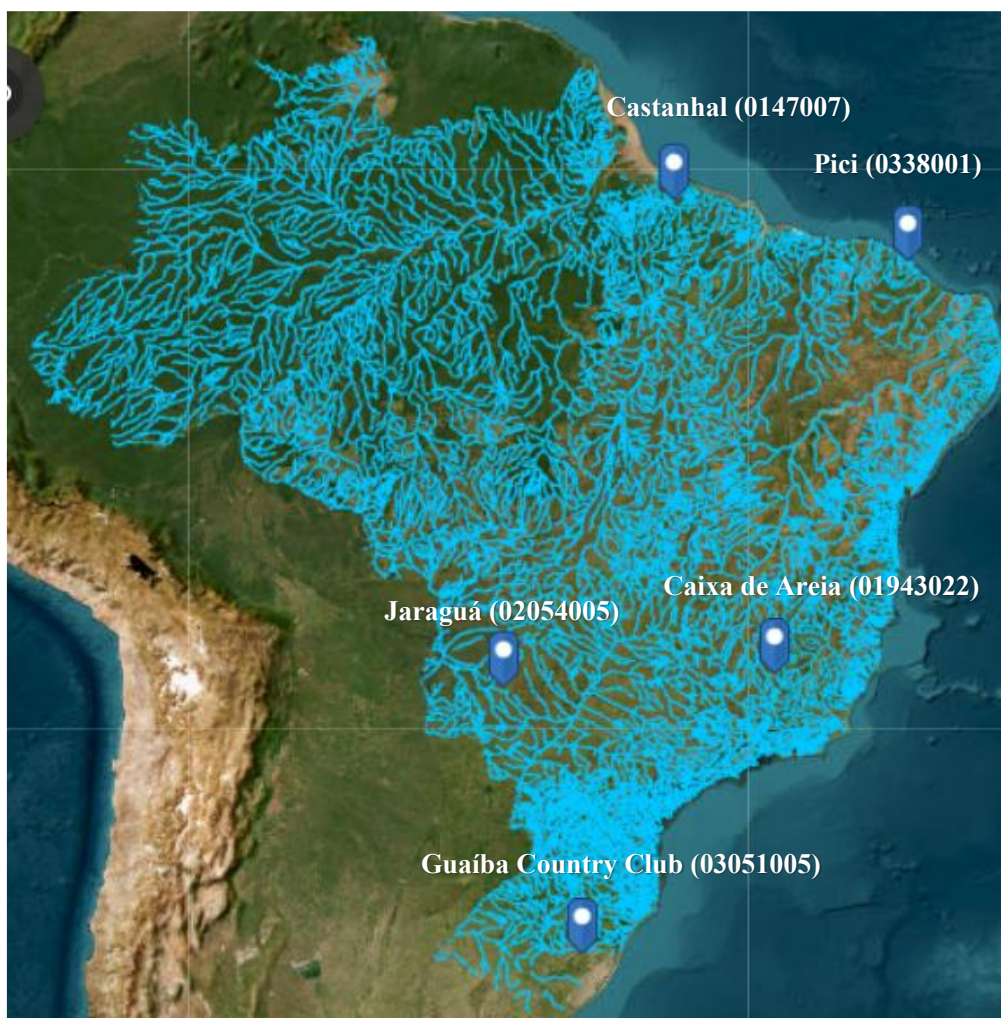
Na Tabela 1, verificam-se os códigos da ANA, as coordenadas geográficas e os períodos da série histórica de dados disponíveis no HidroWeb de todas as estações pluviométricas designadas. Por conseguinte, na Figura 3, visualizam-se suas localizações no Brasil em imagem por satélite, com rios e respectivos meandros destacados. Ademais, nas Figuras 4, 5, 6 e 7, verificam-se tais posições dentro das cidades.

**Tabela 1 – Cidades e estações designadas às cinco regiões do Brasil**

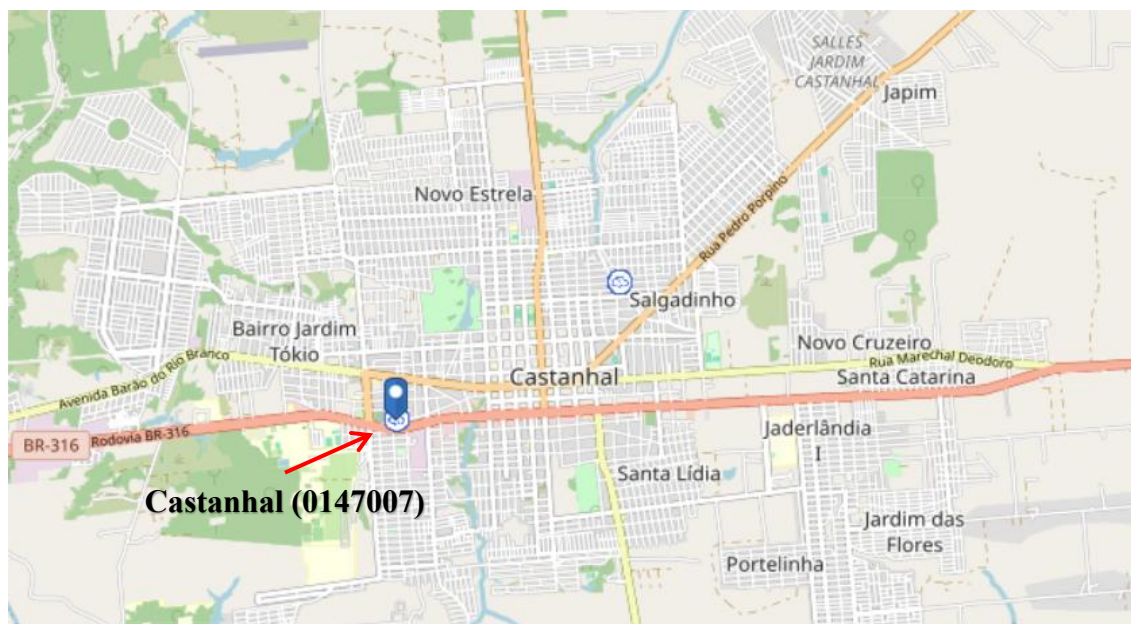
<b>Cidade</b>	<b>Nome da estação</b>	<b>Cód. ANA da estação</b>	<b>Região retratada</b>	<b>Longitude (Graus)</b>	<b>Latitude (Graus)</b>	<b>Período(s) da série no HidroWeb</b>
Castanhal-PA	Castanhal	0147007	Norte	-47,9394	-1,2975	07/1972 a 12/2024
Fortaleza-CE	Pici	0338001	Nordeste	-38,5833	-3,7500	04/1919 a 01/2025
Terenos - MS	Jaraguá	02054005	Centro-oeste	-54,8114	-20,4931	01/1963 a 12/1972; 01/1976 a 12/1983 e 01/1990 a 06/2025
Belo Horizonte - MG	Caixa de Areia	01943022	Sudeste	-43,9125	-19,945	12/1940 a 03/2025
Guaíba - RS	Guaíba Country Club	03051005	Sul	-51,6489	-30,1067	01/1966 a 06/2025

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2026)

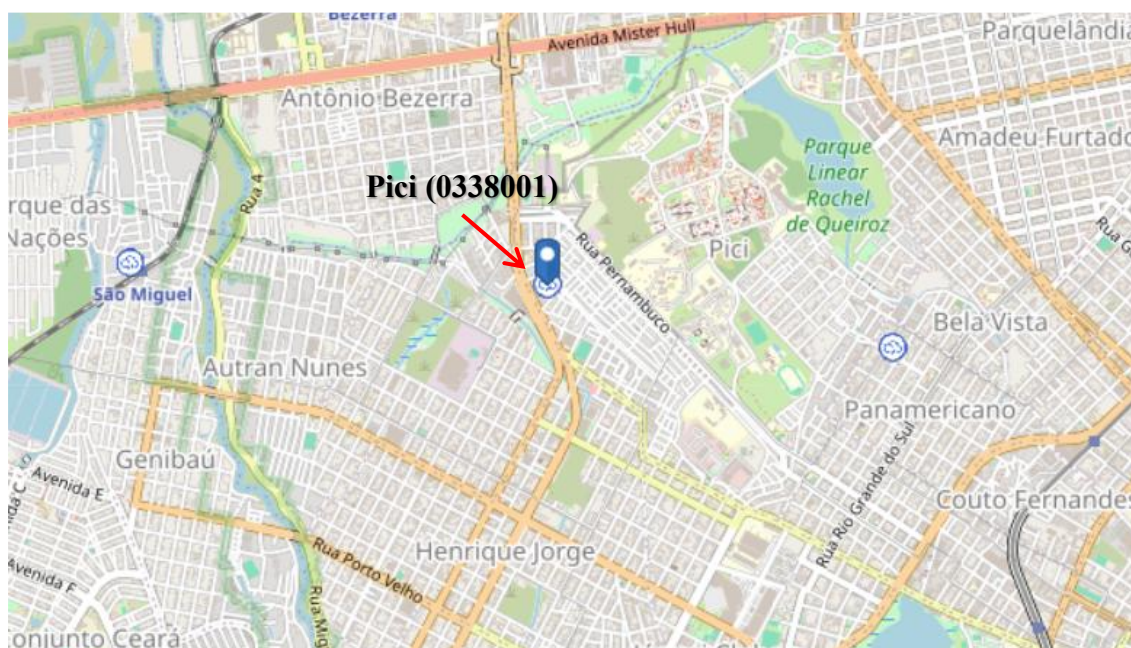
**Figura 3 – Localização das estações pluviométricas no Brasil por imagem de satélite, com rios e seus meandros destacados**



Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2026)

**Figura 4 – Localização da estação Castanhal**

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2026)

**Figura 5 – Localização da estação Pici**

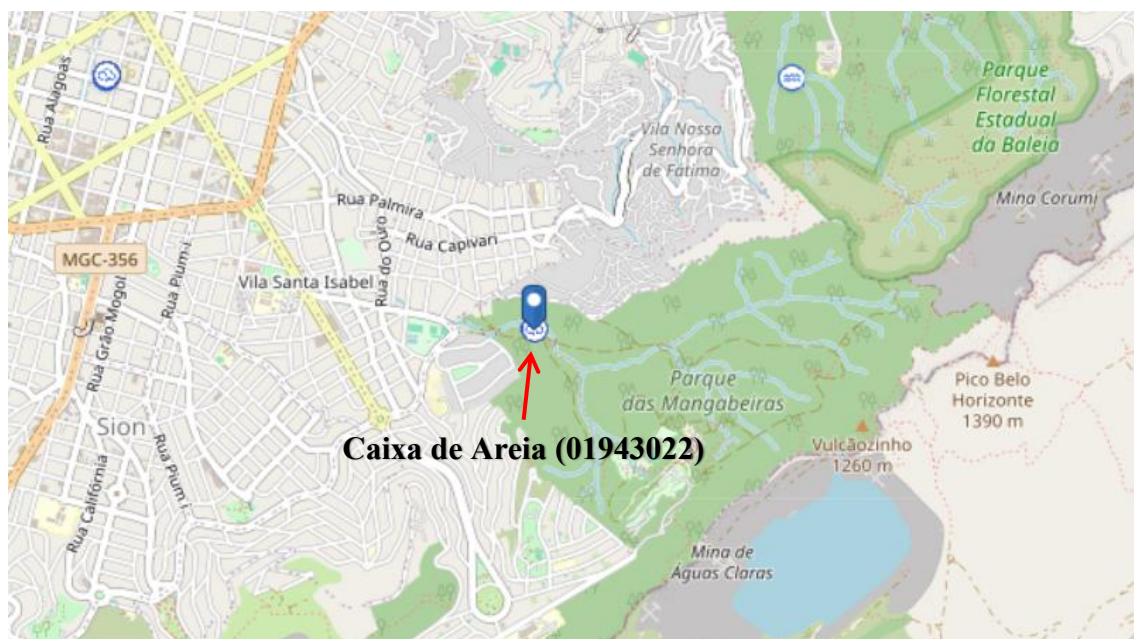
Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2026)

**Figura 6 – Localização da estação Jaraguá**



Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2026)

**Figura 7 – Localização da estação Caixa de Areia**



Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2026)

**Figura 8 – Localização da estação Guaíba Country Club**

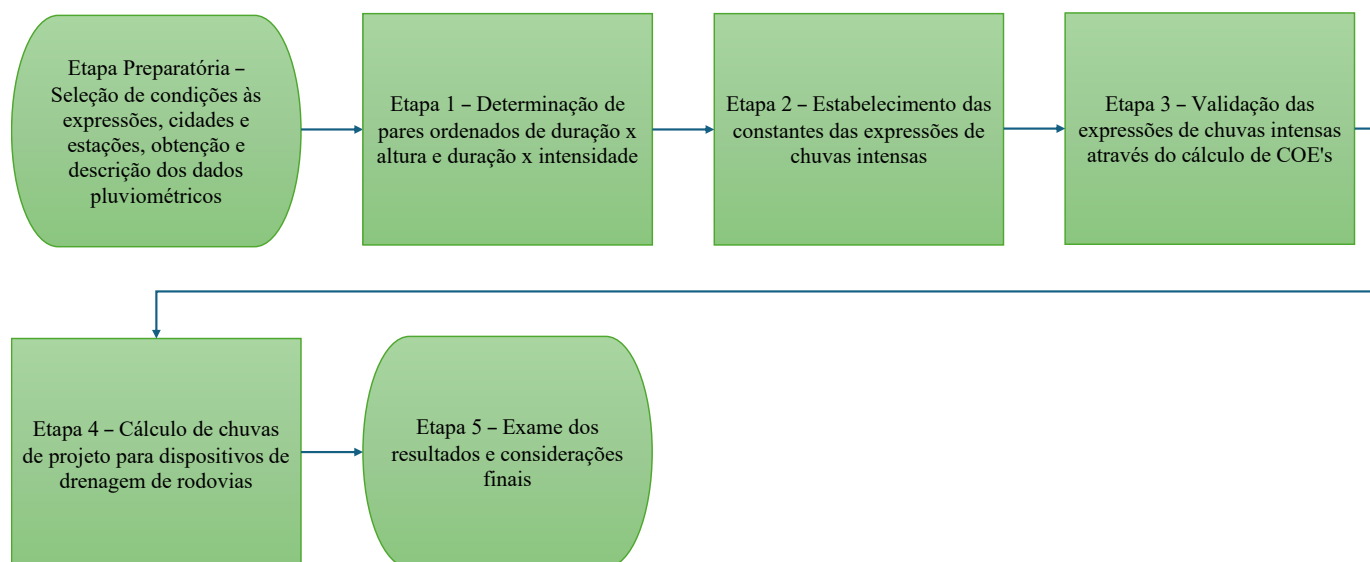


Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2026)

### 3.2.Método

A avaliação do impacto das recentes adições nas séries de dados pluviométricos na determinação de intensidades de chuva de projetos nas regiões brasileiras divide-se nas etapas que são observadas no fluxograma da Figura 9.

**Figura 9 – Etapas do método**



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A seguir estão as descrições das seis etapas de todo o processo de acordo com as decisões tomadas:

A Etapa Preparatória – Seleção de condições às expressões, cidades e estações, obtenção e descrição dos dados pluviométricos tratou-se da etapa em que se selecionaram condições de base de dados às expressões, cidades e estações pluviométricas representantes das regiões brasileiras, coletaram-se registros pluviométricos das séries históricas de dados de chuvas no HidroWeb, preencheram-se as falhas com a mediana dos dados existentes e se obtiveram os valores de alturas de precipitação. Reitera-se que as cidades e estações designadas são vistas na Tabela 1. Além disso, descreveram-se eles estatisticamente, através de gráficos descritivos de chuvas e de médias móveis de precipitação máxima diária anual. No Apêndice A observam-se tais gráficos referentes a todas as cidades selecionadas.

Observa-se que se calcularam desvios padrões e médias aritméticas simples das amostras de precipitação máxima diária anual, e que, embora sejam medidas de descrição de dados, são apresentados no Capítulo 4 – Resultados, pois servem de base para aplicação do Método de Gumbel.

Para efeito de exame, definiram-se quatro condições às expressões de chuvas, denominadas IDF 1, IDF 2, IDF 3 e IDF 4 conforme a Tabela 2. É importante notar que para cada caso, por estação pluviométrica, estabeleceu-se uma expressão de chuvas intensas.

**Tabela 2 – Condições definidas às expressões de chuvas intensas**

<b>Condição</b>	<b>Base de dados</b>
IDF 1	Série histórica completa até fim de 2024
IDF 2	Série histórica com ausência do último ano mais recente até fim de 2024
IDF 3	Série histórica com ausência dos cinco últimos anos mais recentes até fim de 2024
IDF 4	Série histórica com ausência dos dez últimos anos mais recentes até fim de 2024

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Para cada condição, isto é, IDF1, IDF2, IDF3 e IDF4 de cada estação, há um número total de eventos (precipitação máxima diária anual) específico. Destaca-se que o número de anos é maior nas estações Pici e Caixa de Areia e que embora suas séries de dados fossem ainda mais extensas, decidiu-se, a todas as expressões, ater-se a amplitude de 60 anos, contados até fim de dezembro de 2024. Falhas, como ausência de meses, de precipitações máximas diárias mensais e de precipitações totais mensais nas séries históricas foram preenchidas com a mediana dos dados existentes. Encontram-se as

planilhas originais dos dados pluviométricos no HidroWeb, ao passo que, no Apêndice A, observam-se os valores máximos de precipitação diária anual obtidos após tratamento.

Por conseguinte, a Etapa 1 – Determinação de pares ordenados de duração x altura e duração x intensidade consistiu-se na modelagem dos valores de altura de chuva através do Método de Gumbel, aplicação do Método das Isozonas e afirmação de três pares ordenados tempo de duração x altura de chuva e tempo de duração x intensidade de chuva, para os tempos de retorno 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

Em seguida, executou-se a Etapa 2 – Estabelecimento das constantes das expressões de chuvas intensas, a qual se tratou da afirmação das constantes “a”, “b”, “c” e “d” através de regressão linear, pelo método proposto por Villela e Mattos (1975);

Na Etapa 3 – Validação das expressões de chuvas intensas, calcularam-se os valores de COE, o Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe, e se avaliou a capacidade preditiva das expressões estabelecidas, com base nos critérios de classificação apresentados por Silva *et al.* (2008).

Em conformidade com a ideia de criar-se ambiente para avaliação com base em quantificações de todas as condições, por estação, a partir de todas as expressões IDF estabelecidas, a Etapa 4 – Cálculo de chuvas de projeto para dispositivos de drenagem de rodovias consistiu-se no cálculo de valores de intensidade de chuva para dispositivos hidráulicos de sistemas de drenagem de rodovias, para pares de período de retorno e tempo de concentração recomendados pelo DNIT (2006) e DER/SP (2005), os quais se encontram na Tabela 3.

**Tabela 3 - Pares  $T_R$  e  $t_c$  recomendados pelo DNIT e DER/SP**

<b>Dispositivos</b>	<b><math>T_R</math> (anos)</b>	<b><math>t_c</math> (min)</b>
Sarjetas de corte e outros dispositivos de drenagem superficial - DNIT	10	5
Bueiros de transposição de talwegues em áreas rurais - DNIT e DER/SP	25	10
Bueiros de transposição de talwegues em áreas urbanas ou de expansão urbana - DER/SP	100	10

Fonte: Elaborado pelo autor com base em DNIT (2005) e DER (2005)

Por fim, a Etapa 5 – Exame dos resultados e considerações finais tratou-se da comparação entre resultados por estação pluviométrica, tanto de estrutura de expressões quanto de valores de intensidades de chuva, análise e obtenção de considerações finais

sobre o impacto das mudanças nas séries históricas de dados de chuvas na determinação de intensidades de chuva de projetos nas regiões brasileiras, com a inserção ou retirada de um, cinco e dez mais recentes anos em dados até fim de dezembro de 2024.

## 4. RESULTADOS

No Capítulo 4, exibir-se-ão resultados alcançados das Etapas 1 a 4, as quais foram apresentadas no Capítulo 3. Além disto, notar-se-á que a Etapa 5 é percebida ao longo de todos os seus tópicos. É fundamental observar, todavia, que destrinchar-se-ão os procedimentos executados da Etapa 1, 2 e 3 apenas à condição IDF1 da estação Castanhal. As alturas de precipitação de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e valores de alturas e intensidades calculadas a partir do Método das Isozonas, as curvas altura x duração x frequência e intensidade x duração x frequência, o detalhamento do estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d”, além dos valores os calculados para definição dos COE’s, alcançados às condições IDF 1, IDF 2, IDF 3 e IDF 4 de todas as estações afirmadas, com exceção de IDF1 de Castanhal, estão demonstradas nos Apêndices B C, D e E, respectivamente.

### **4.1. Etapa 1 – Determinação de pares ordenados de duração x altura e duração x intensidade**

#### 4.1.1. Modelagem de valores máximos de precipitação

Em posse das precipitações máximas diárias anuais conseguidas após o tratamento dos dados das séries históricas de chuvas, calcularam-se a média aritmética ( $\bar{P}$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) de todos os conjuntos. Visualizam-se estas medidas estatísticas na Tabela (4), estando em negrito os máximos valores por estação pluviométrica.

**Tabela 4 – Média aritmética das alturas máximas diárias anuais ( $\bar{P}$ ) e desvio padrão ( $\sigma$ )**

Estação pluviométrica	Condição	Núm. de anos (N)	Média aritmética das alturas máximas diárias anuais, em mm ( $\bar{P}$ )	Desvio padrão, em mm ( $\sigma$ )
Castanhal (Castanhal-PA)	IDF 1	53	108,44	60,85
	IDF 2	52	<b>108,77</b>	61,40
	IDF 3	48	107,46	63,17
	IDF 4	43	108,68	<b>65,61</b>
Pici (Fortaleza-CE)	IDF 1	60	<b>103,29</b>	<b>36,09</b>
	IDF 2	59	101,40	33,26
	IDF 3	55	100,77	33,89
	IDF 4	50	100,50	35,45
Jaraguá (Terenos-MS)	IDF 1	53	95,00	26,55
	IDF 2	52	<b>95,46</b>	<b>26,59</b>
	IDF 3	48	93,00	22,39
	IDF 4	43	94,47	22,45
Caixa de Areia (Belo Horizonte-BH)	IDF 1	60	<b>101,99</b>	36,98
	IDF 2	59	101,93	37,29
	IDF 3	55	99,86	36,19
	IDF 4	50	101,43	<b>37,30</b>
Guaíba Country Club (Guaíba-RS)	IDF 1	58	77,18	29,36
	IDF 2	57	77,11	29,62
	IDF 3	53	<b>77,54</b>	30,52
	IDF 4	48	76,22	<b>31,56</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

Na busca de encontrar tendências, verificou-se que para as estações de Castanhal e Guaíba Country Club sempre houve redução do desvio-padrão à medida que se tem mais dados na série histórica. Em Pici, por outro lado,  $\bar{P}$  sempre aumentou com o aumento da série histórica. Considerando-se os valores de IDF4 e IDF1, identifica-se uma redução de 7,25% para Castanhal e 6,97% para Guaíba ao passo que se nota um incremento de 2,78% para o caso da estação de Fortaleza/CE.

Em seguida, obtiveram-se os fatores de frequência  $K_{TR}$  para os períodos de retorno 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos por meio da tabela da Figura 1 e se aplicou a fórmula de Ven Te Chow em cada condição e estação, para definição de valores de altura de chuva de duração de um dia estimados ( $X_{TR}$ ). Tal procedimento foi feito no software *Microsoft Excel*. A seguir, na Tabela 5, têm-se os valores de  $K_{TR}$  e de precipitação modelada

conforme os períodos de retorno à condição IDF 1 de Castanhal. Ressalta-se que tabelas como deste padrão às demais condições e estações estão inseridas no Apêndice B.

**Tabela 5 – Precipitações estimadas para IDF 1 de Castanhal (Castanhal/PA)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=53 eventos	$X_{TR}$ (mm)
5	0,815	158,04
10	1,459	197,23
15	1,818	219,08
20	2,077	234,84
25	2,273	246,76
50	2,875	283,40
100	3,474	319,85

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

Percebe-se na Tabela 5 que o valor de  $X_{TR}$  tem um incremento de acordo com o aumento de  $T_R$ . Isto é esperado, pois, com base na definição de período de retorno, identifica-se que quanto maior o intervalo de anos, maior a magnitude do evento, neste caso, de altura de chuva.

#### 4.1.2. Desagregação de chuvas pelo Método das Isozonas

Após isto, levando em consideração as diferenças entre regiões brasileiras, executou-se a desagregação de chuvas de um dia em chuvas de diferentes durações através do Método das Isozonas (1974). Primeiramente, determinou-se a Isozona de cada estação através das coordenadas geográficas (latitude e longitude) observadas no portal HidroWeb e o Brasil com as isozonas definidas, a partir da Figura 2. Castanhal está localizada na Isozona C. Em seguida, aplicou-se o fator 1,095 às alturas de chuva de um dia afirmadas com o Método de Gumbel.

Em posse dos coeficientes de desagregação para chuvas de menor duração, de 1h e de 6 min, definiram-se novos valores de altura de chuva para todos os tempos de retorno. Com base neles e nos valores de altura de chuva para duração de 24h, estabeleceram-se três pares ordenados de tempo de duração x altura e, com de tempo de duração x intensidade de chuva, além das curvas de altura-duração-frequência e de intensidade-duração-frequência a todas as condições por estação pluviométrica selecionada.

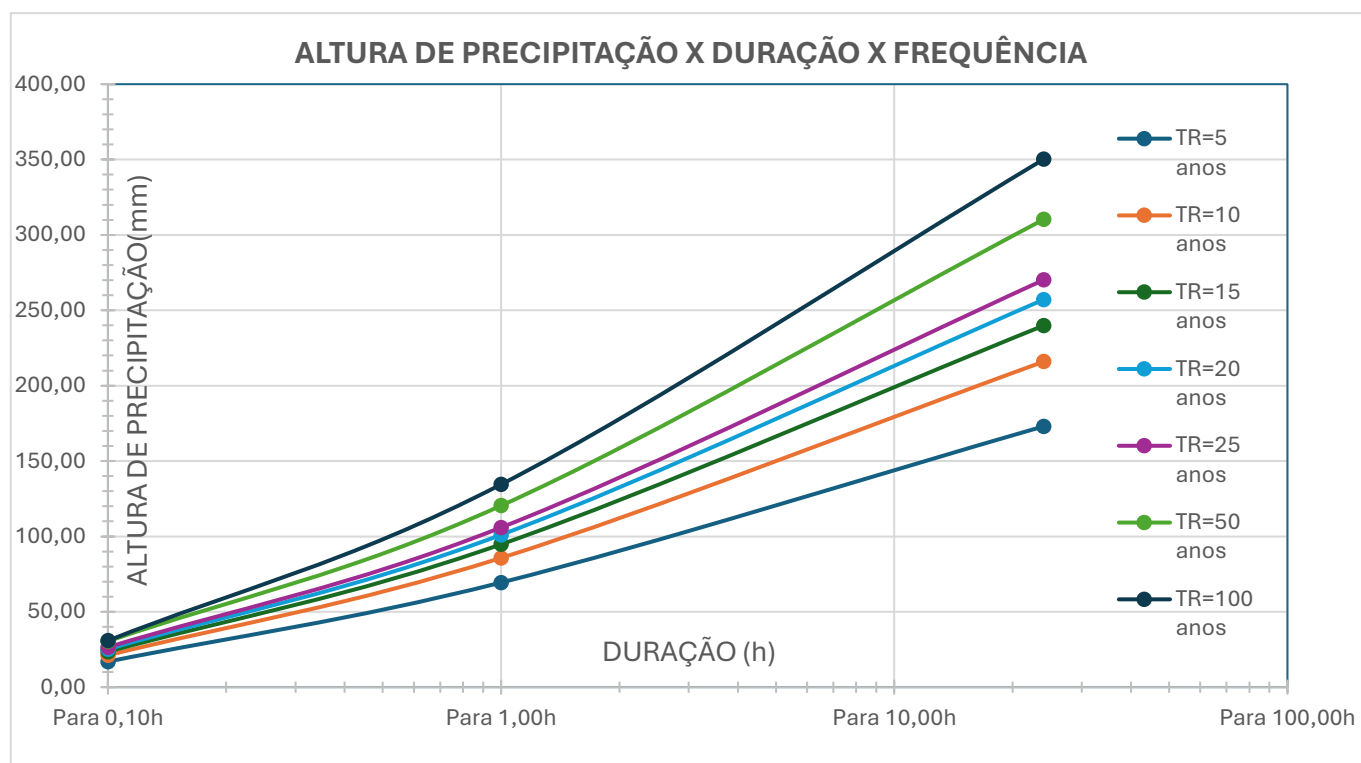
Na tabela 6 e 7, encontram-se, respectivamente, os valores de altura e intensidade de chuva obtidos com aplicação dos coeficientes da Isozona C, para IDF 1 de Castanhal e, por conseguinte, na Figura 5 e 6 a correspondentes curvas no gráfico semi-log de altura x duração x frequência e intensidade x duração x frequência.

**Tabela 6 – Valores de altura de chuva calculadas para diferentes durações para IDF 1**

T <sub>R</sub> (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	16,96	69,39	173,05
10	21,16	85,74	215,97
15	23,51	94,76	239,89
20	25,20	101,06	257,15
25	26,48	105,92	270,21
50	30,41	120,40	310,32
100	30,82	134,49	350,23

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 10 – Gráfico altura x duração x frequência para IDF 1 de Castanhal/PA (Castanhal)**



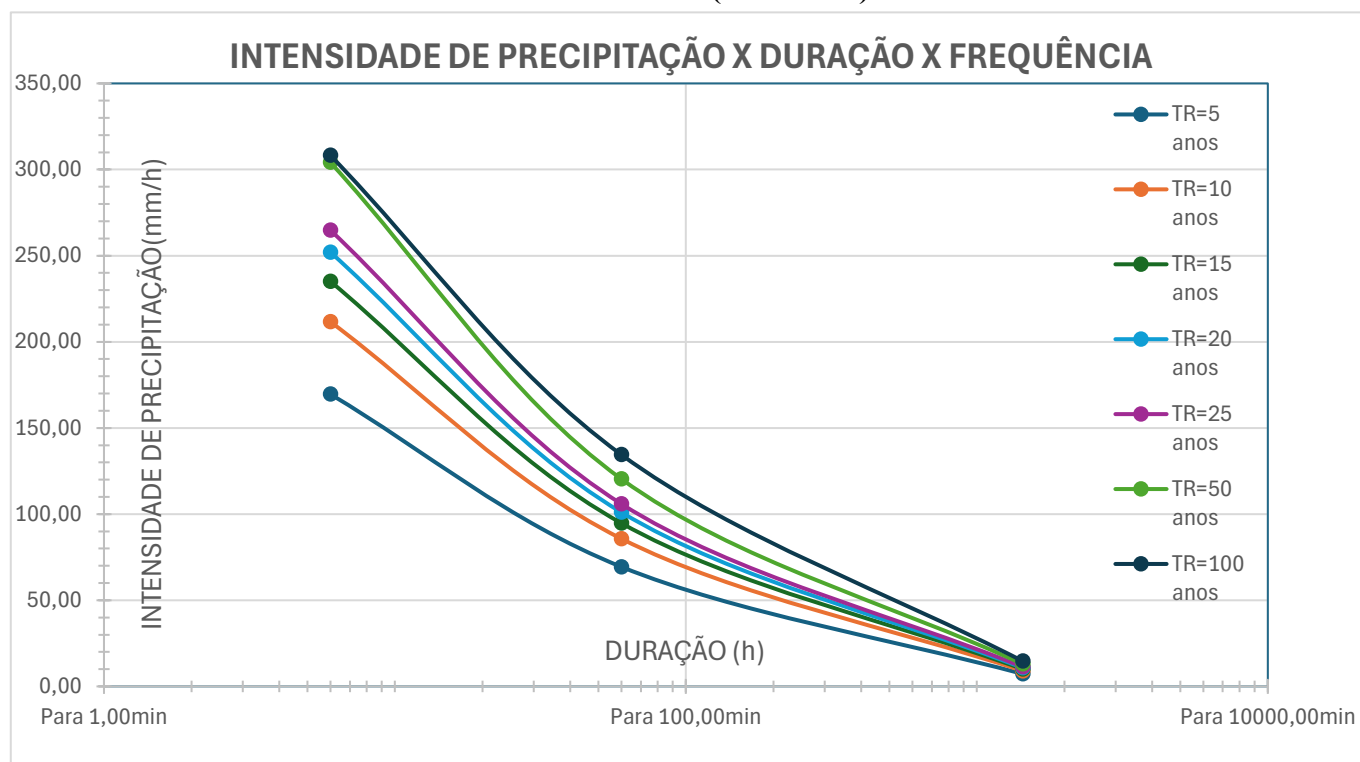
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 7 – Valores de intensidade de chuva calculadas para diferentes durações para IDF 1 de Castanhal**

TR (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	169,59	69,39	7,21
10	211,65	85,74	9,00
15	235,09	94,76	10,00
20	252,00	101,06	10,71
25	264,80	105,92	11,26
50	304,11	120,40	12,93
100	308,21	134,49	14,59

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 11 – Gráfico intensidade x duração x frequência para IDF 1 de Castanhal/PA (Castanhal)**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

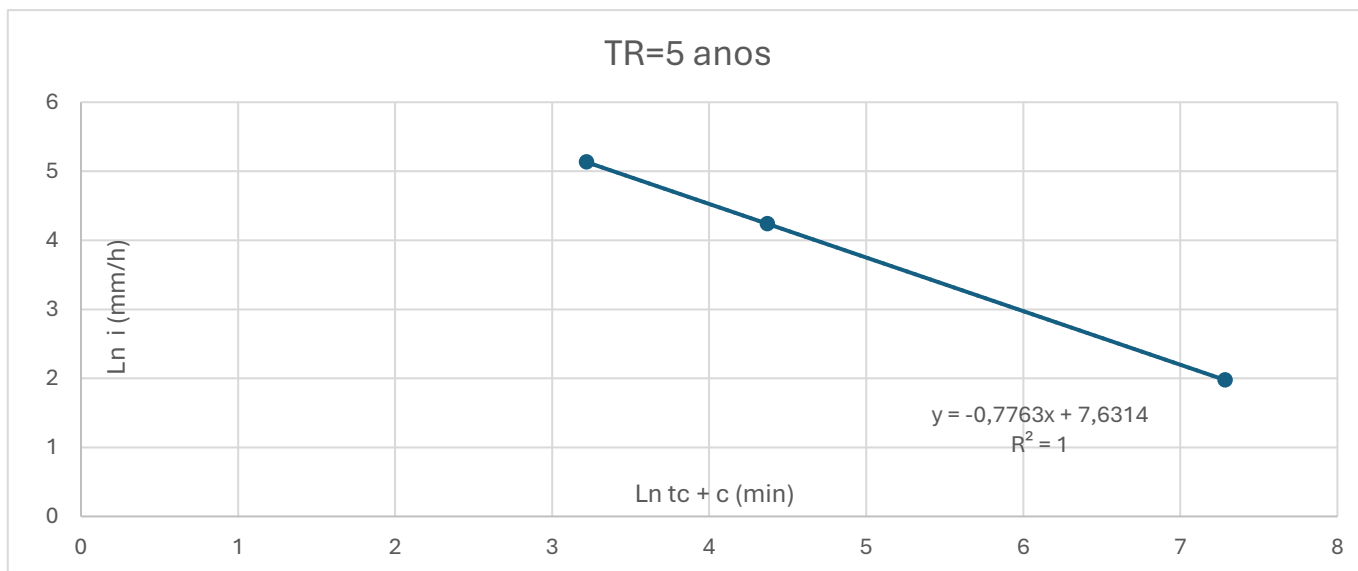
Esclarece-se, a partir das Figuras 10 e 11, que a quantificação de chuvas desagregadas pelo Método das Isozonas segue o relacionamento: quanto maior a duração de chuva, maior a altura e menor a intensidade.

#### 4.3. Etapa 2 – Estabelecimento das constantes das expressões de chuvas intensas

Após a determinação de pontos intensidade x duração das curvas IDF, pôde-se encontrar todas as expressões IDF objetivadas a partir da definição das constantes “a”,

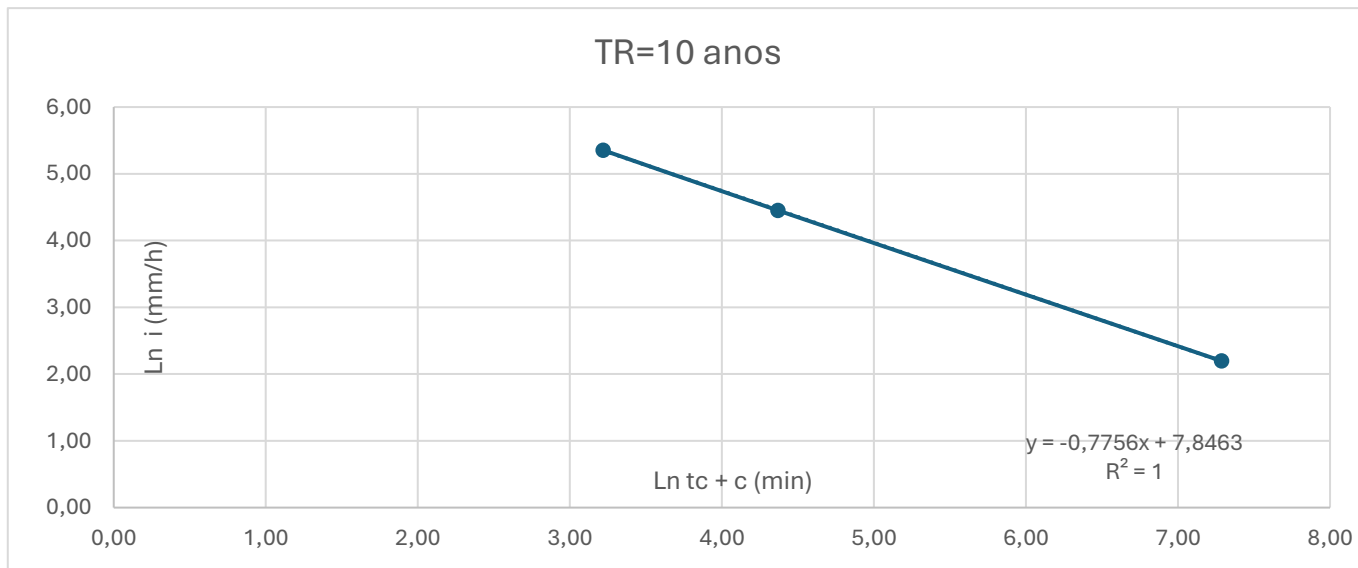
“b”, “c”, e “d”, com a realização de regressão linear, com base nos procedimentos do método apresentado por Villela e Mattos (1975). As Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 são os gráficos plotados a partir da Equação 8 aplicados a condição IDF 1 de Castanhal com o auxílio do software Microsoft EXCEL quando se iguala “c” a 18,97.

**Figura 12 – Gráfico Ln i em função de Ln tc + c, para  $T_R=5$  anos e  $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA,**



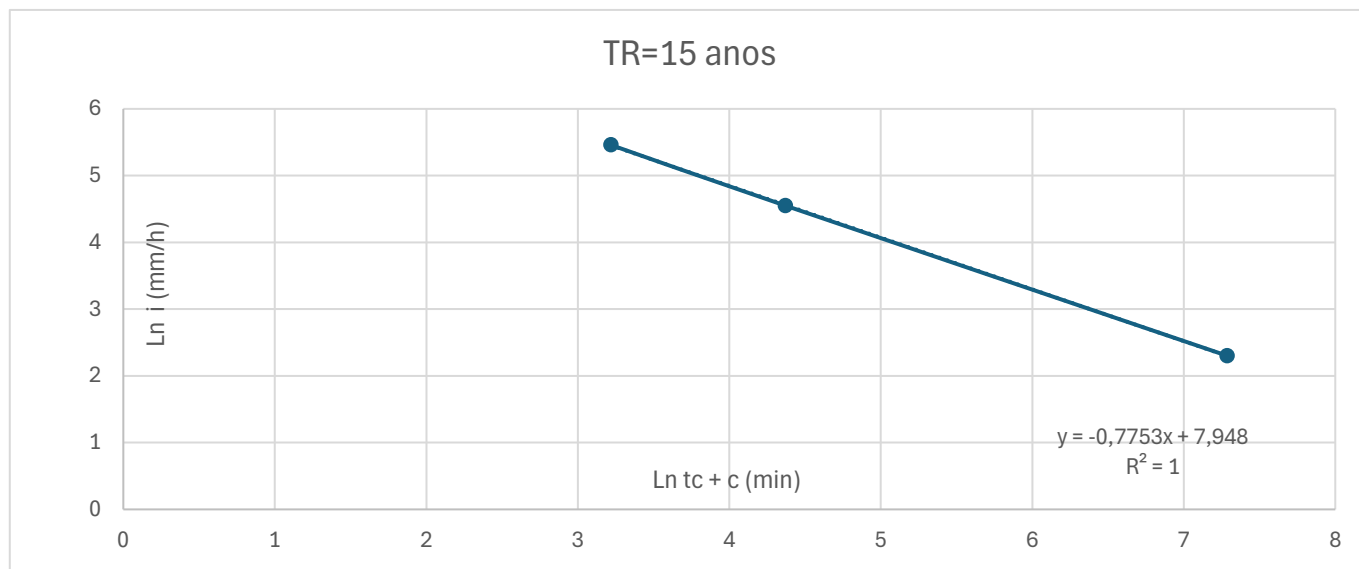
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 13 – Gráfico Ln i em função de Ln tc + c, para  $T_R=10$  anos e  $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA**

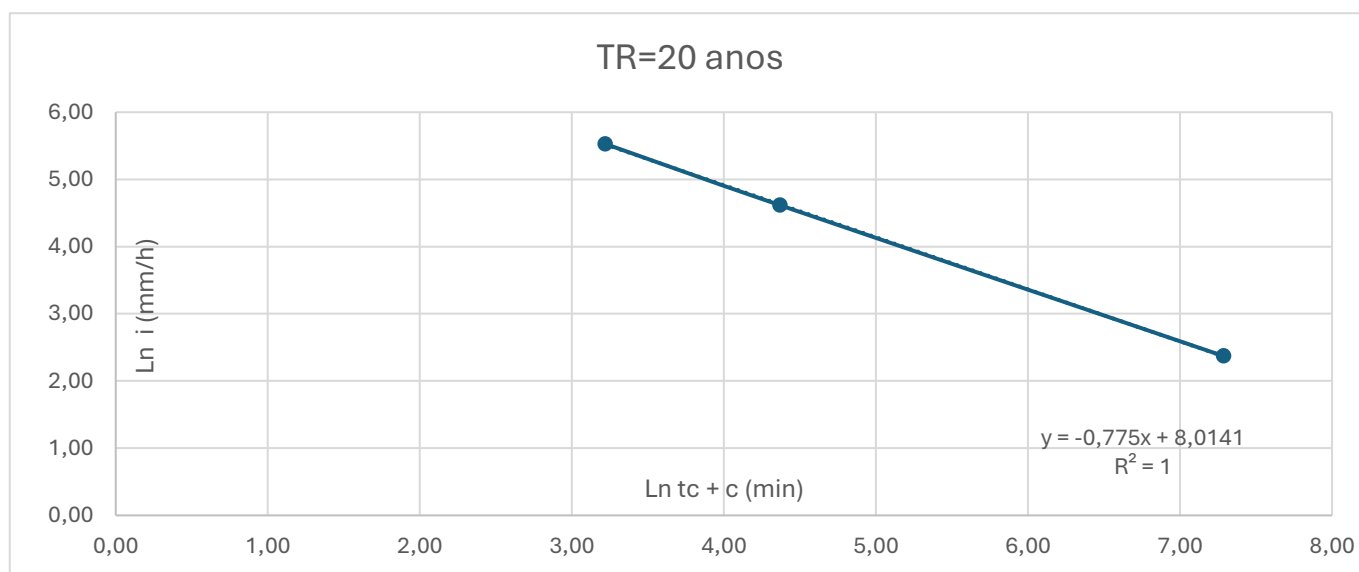


Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

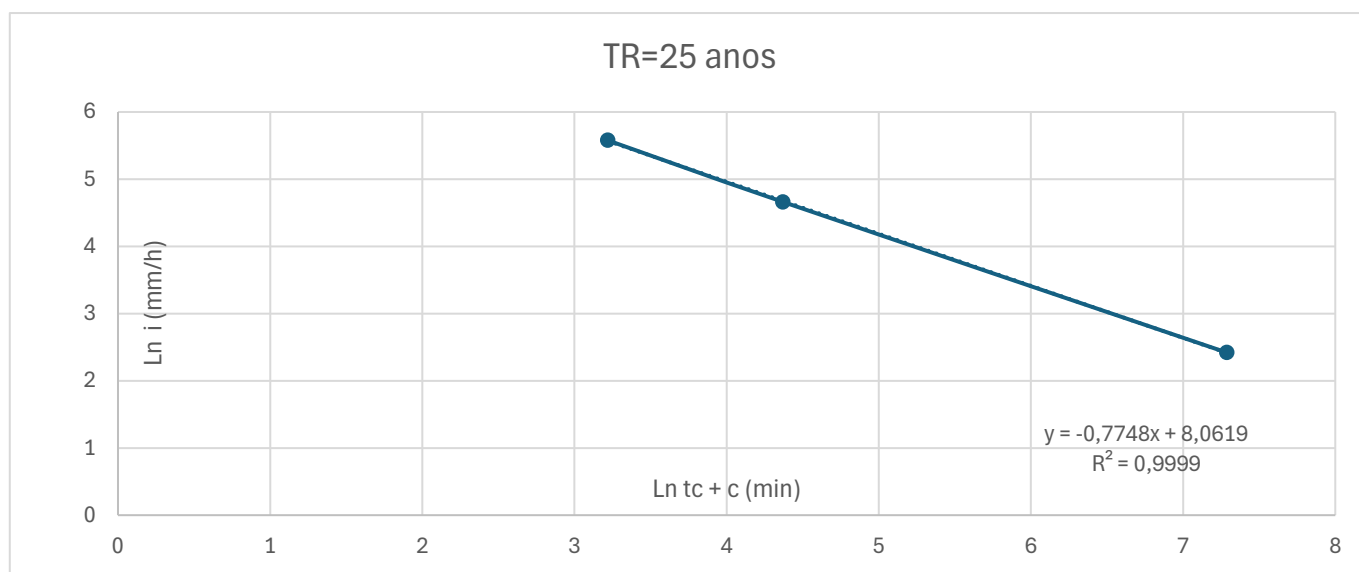
**Figura 14 – Gráfico Ln i em função de Ln tc + c, para TR=15 anos e c=18,97, de IDF 1 de Castanhal/PA**



**Figura 15 – Gráfico Ln i em função de Ln tc + c, para TR=20 anos e c=18,97, de IDF 1 de Castanhal/PA**

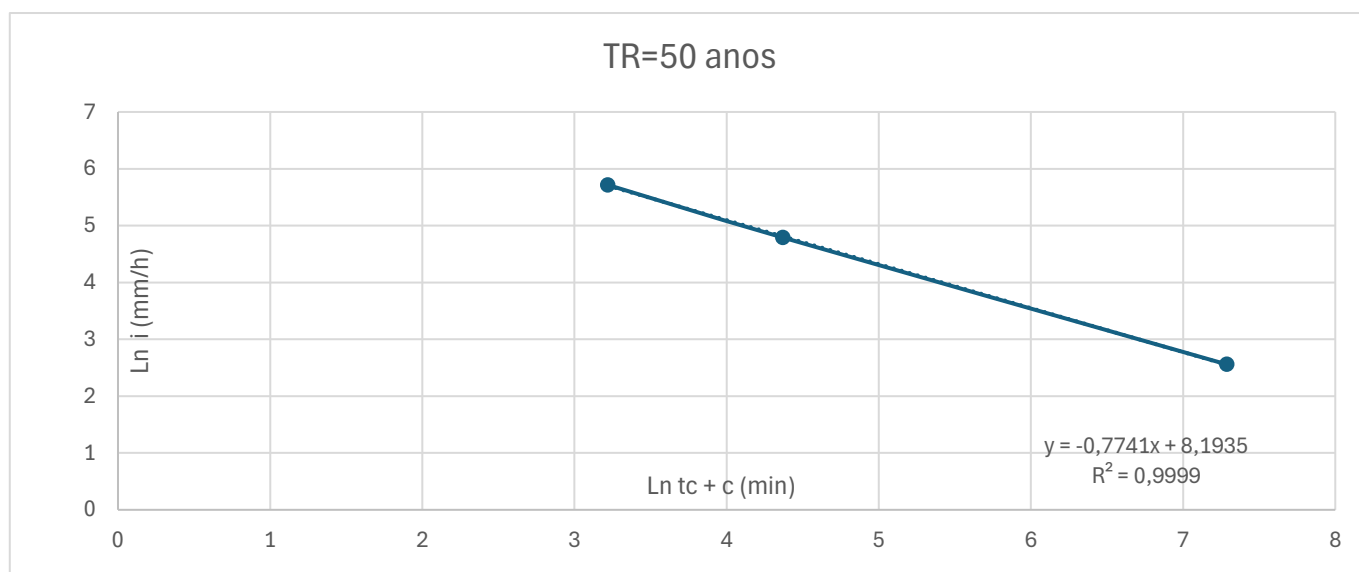


**Figura 16 – Gráfico Ln i em função de Ln tc + c, para TR=25 anos e c=18,97, de IDF 1 de Castanhal/PA**



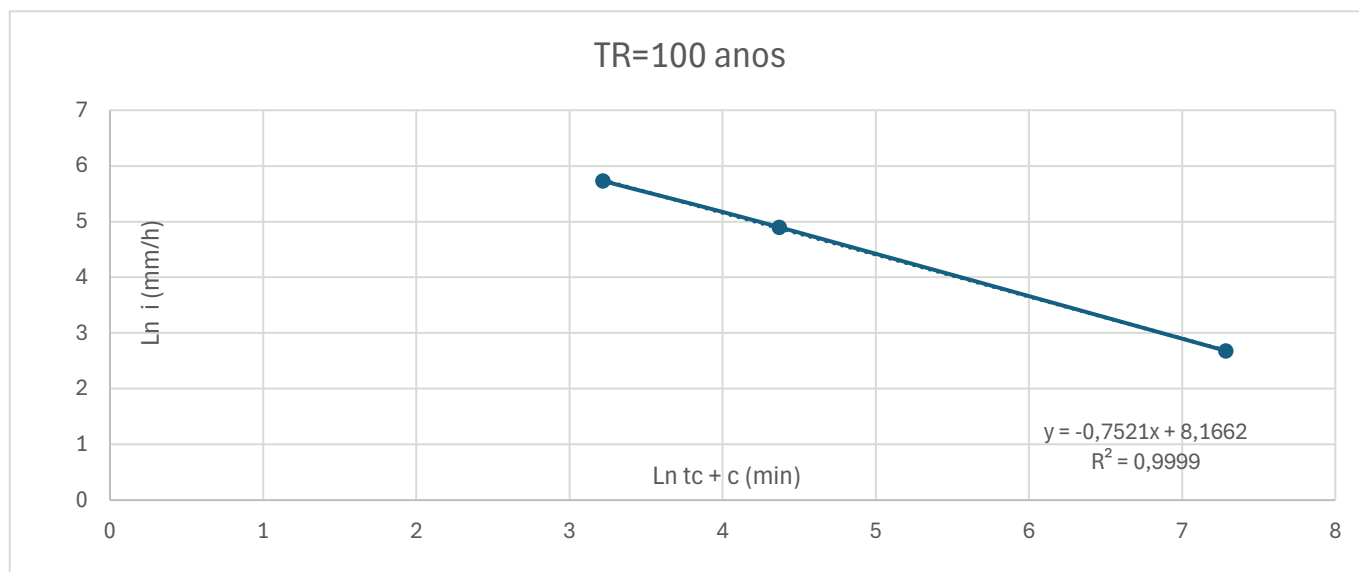
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 17 – Gráfico Ln i em função de Ln tc + c, para TR=50 anos e c=18,97, de IDF 1 de Castanhal/PA**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 18 – Gráfico Ln i em função de Ln tc + c, para  $T_R = 100$  anos e  $c=18,97$ , de IDF 1 de Castanhal/PA**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

Percebe-se nas Figuras 12 a 18 que, com o traço das linhas de tendência e por meio de tentativas, definiu-se a constante “c” para IDF 1 de Castanhal, ao ter sucesso em alcançar os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mais próximos de 1 possíveis. Determinou-se “d” também através destes gráficos, visto que se trata da média aritmética dos coeficientes angulares das retas de tendências de regressão linear. Nota-se que se ignorou o sinal negativo, visto que isto não importa para definição da expressão IDF. Na Tabela 8, encontra-se o valor que é utilizado na expressão IDF 1 de Castanhal/PA, isto é, a média aritmética simples dos valores de coeficientes angulares “d”,  $\bar{d}$ .

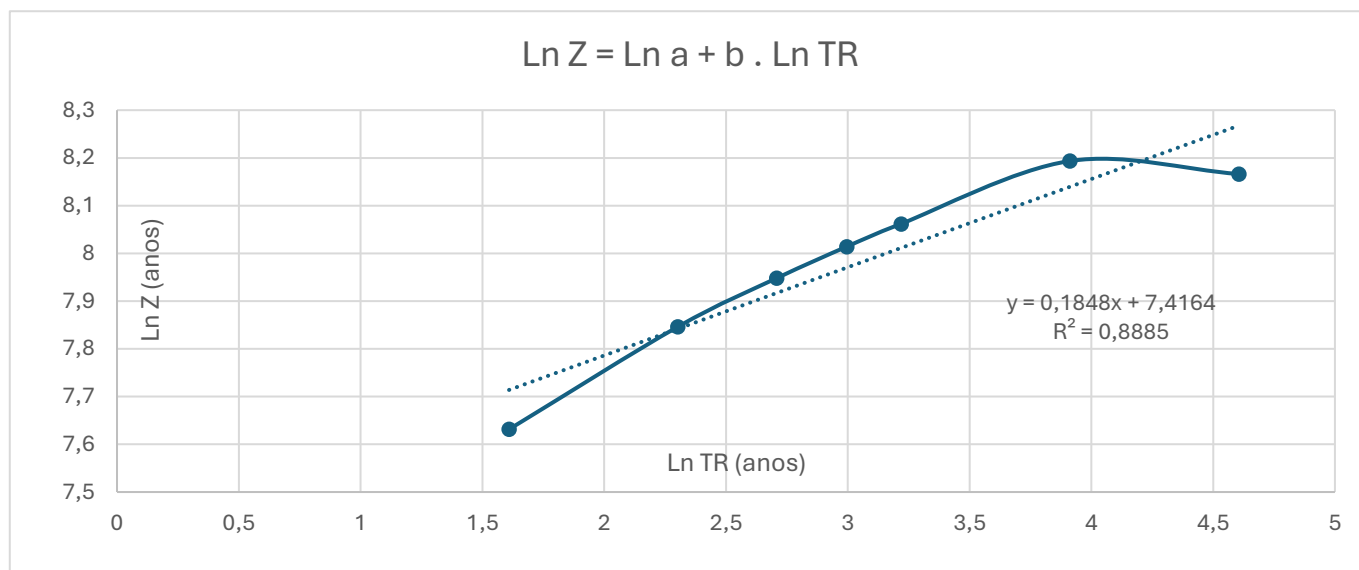
**Tabela 8 – Determinação da constante “d” da expressão IDF 1 com cálculo de  $\bar{d}$** 

$T_R$ (anos)	$T_c$ (minutos)	$i$ (mm/h)	$\ln(i)$	$t_c+c$ (min)	$\ln(t_c+c)$	$d_{TR}$ (coef. Angular)	$\bar{d}$
5	6	169,59	5,13	24,97	3,22	0,7763	0,77189
	60	69,39	4,24	78,97	4,37		
	1440	7,21	1,98	1458,97	7,29		
10	6	211,65	5,35	24,97	3,22	0,7756	
	60	85,74	4,45	78,97	4,37		
	1440	9,00	2,20	1458,97	7,29		
15	6	235,09	5,46	24,97	3,22	0,7753	
	60	94,76	4,55	78,97	4,37		
	1440	10,00	2,30	1458,97	7,29		
20	6	252,00	5,53	24,97	3,22	0,775	
	60	101,06	4,62	78,97	4,37		
	1440	10,71	2,37	1458,97	7,29		
25	6	264,80	5,58	24,97	3,22	0,7748	
	60	105,92	4,66	78,97	4,37		
	1440	11,26	2,42	1458,97	7,29		
50	6	304,11	5,72	24,97	3,22	0,7741	
	60	120,40	4,79	78,97	4,37		
	1440	12,93	2,56	1458,97	7,29		
100	6	308,21	5,73	24,97	3,22	0,7521	
	60	134,49	4,90	78,97	4,37		
	1440	14,59	2,68	1458,97	7,29		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

O valor definitivo de “d”, portanto, para IDF 1 de Castanhal/PA é 0,77189. Os gráficos traçados das funções conforme Equação 8, com inserção de reta de tendência de regressão linear, permitem a definição de valores de “Ln Z”, que se trata do coeficiente linear da reta de tendência. De posse destes valores, definiu-se um novo gráfico “Ln Z” em função de “Ln  $T_R$ ” também com inserção de linha de tendência, para IDF 1 de Castanhal/PA, em conformidade com a Equação 9, obtendo-se um valor de  $R^2$  igual a 0,8885. Na Figura 19, identifica-se tal gráfico.

**Figura 19 – Ln Z em função de Ln TR para IDF 1 de Castanhal/PA**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

A partir dos coeficientes angulares  $b=0,1848$  e lineares  $\text{Ln}(a)=7,4164$ , afirmaram-se as constantes “a” e “b”, conseguindo-se todos os parâmetros ajustados à expressão. Sendo assim, na Tabela 9, também se encontram as constantes “a”, “b”, “c” e “d” para todas as expressões IDF, incluindo a da condição IDF 1, de Castanhal/PA.

**Tabela 9 – Coeficientes “a”, “b”, “c” e “d” das expressões de chuvas intensas ajustadas às condições IDF 1, IDF 2, IDF 3 e IDF4 para Castanhal/PA, Fortaleza/CE, Terenos/MS, Belo Horizonte/MG e Guaíba/RS**

Cidade, estação e região	Condição	a	b	c	d
Castanhal/PA (Castanhal) – Norte	IDF 1	1663,0358	0,1848	18,9700	0,7719
	IDF 2	1670,3693	0,1857	18,9700	0,7719
	IDF 3	1665,8654	0,1907	18,9700	0,7719
	IDF 4	1698,1590	0,1944	18,9700	0,7719
Fortaleza/CE (Pici) – Nordeste	IDF 1	1487,8687	0,1321	18,9700	0,7719
	IDF 2	1453,3115	0,1256	18,9700	0,7719
	IDF 3	1448,0889	0,1286	18,9700	0,7719
	IDF 4	1451,8589	0,1342	18,9700	0,7719
Terenos/MS (Jaraguá) – Centro-oeste	IDF 1	1583,9864	0,1105	12,0000	0,7948
	IDF 2	1591,4487	0,1104	12,0000	0,7948
	IDF 3	1541,6368	0,0966	12,0000	0,7948
	IDF 4	1566,5014	0,0961	12,0000	0,7948
Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia) – Sudeste	IDF 1	1473,8009	0,1360	18,9700	0,7719
	IDF 2	1473,9483	0,1372	18,9700	0,7719
	IDF 3	1444,1844	0,1366	18,9700	0,7719
	IDF 4	1470,7092	0,1387	18,9700	0,7719
Guaíba/RS (Guaíba Country Club) – Sul	IDF 1	1169,8140	0,1412	15,7000	0,7780
	IDF 2	1170,0479	0,1423	15,7000	0,7780
	IDF 3	1180,8620	0,1453	15,7000	0,7780
	IDF 4	1168,9954	0,1516	15,7000	0,7780

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

É fundamental ressaltar que as constantes são válidas para tempos de retorno e tempos de concentração na unidade de anos e minutos, respectivamente. Outrossim, destaca-se que coeficientes de desagregação de chuvas determinam o valor da constante “c” e “d”. Expressões estabelecidas para cidades diferentes, através do método demonstrado por Villela e Mattos (1975), em regiões diferentes do Brasil, possuirão o mesmo valor de “c” e “d”, se forem usados os mesmos coeficientes de desagregação. Isto ocorre na aplicação do Método das Isozonas, se cidades diferentes estiveram inseridas na mesma isozona, como é o caso de Castanhal/PA, Fortaleza/CE e Belo Horizonte/MG visto na Tabela 9.

#### **4.4. Etapa 3 – Validação das expressões de chuvas intensas através do cálculo de COE's**

Para validação das expressões de chuvas estabelecidas, avaliaram-se suas capacidades preditivas com base no Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe (COE). Na Tabela 10, há os valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Castanhal/PA.

Ressalta-se que no Apêndice E, encontram-se os valores calculados para determinação de COE para todas as expressões estabelecidas, onde se verifica com base na classificação apresentada por Silva *et al.* (2008), contida em 2.5., que elas apresentaram bom desempenho.

**Tabela 10 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Castanhal/PA (Castanhal)**

$T_R$ (anos)	$t_c$ (min)	$E_m$ (mm/h)	$E_s$ (mm/h)	$\bar{E}_s$ (mm/h)	COE
5	6	169,59	186,82	90,57	0,9741
	60	69,39	76,82		
	1440	7,21	8,09		
10	6	211,65	212,35	102,95	0,9999
	60	85,74	87,31		
	1440	9,00	9,19		
15	6	235,09	228,87	110,96	0,9985
	60	94,76	94,11		
	1440	10,00	9,91		
20	6	252,00	241,37	117,02	0,9961
	60	101,06	99,24		
	1440	10,71	10,45		
25	6	264,80	251,53	121,95	0,9945
	60	105,92	103,42		
	1440	11,26	10,89		
50	6	304,11	285,91	138,61	0,9922
	60	120,40	117,56		
	1440	12,93	12,38		
100	6	308,21	324,98	157,56	0,9935
	60	134,49	133,62		
	1440	14,59	14,07		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

#### 4.5. Etapa 4 – Cálculo de chuvas de projeto para dispositivos de drenagem de rodovias

Os resultados de cálculos de intensidade de chuva de projeto, conforme os pares  $T_R$  e  $t_c$  apresentados na Tabela 3, estão nas Tabela 11.

Tabela 11 – Valores de intensidade de chuva de projeto calculados

Cidade, estação e região	Intensidade de chuva de projeto i	Dispositivos					
		Sarjetas de corte e outros dispositivos de drenagem superficial – DNIT		Bueiros de transposição de talvegues em áreas rurais – DNIT e DER/SP		Bueiros de transposição de talvegues em áreas urbanas ou de expansão urbana – DER/SP	
		T <sub>R</sub> =10 anos	t <sub>c</sub> = 5 min	T <sub>R</sub> =25 anos	t <sub>c</sub> = 10 min	T <sub>R</sub> =100 anos	t <sub>c</sub> = 10 min
Castanhal/PA (Castanhal) – Norte	para IDF1 (mm/h)	219,16		224,28		289,76	
	para IDF2 (mm/h)	220,58		225,92		292,25	
	para IDF3 (mm/h)	222,53		228,97		298,25	
	para IDF4 (mm/h)	<b>228,79</b>		<b>236,20</b>		<b>309,26</b>	
Fortaleza/CE (Pici) – Nordeste	para IDF1 (mm/h)	<b>173,67</b>		<b>169,35</b>		<b>203,38</b>	
	para IDF2 (mm/h)	169,63		165,41		198,66	
	para IDF3 (mm/h)	167,67		162,97		194,78	
	para IDF4 (mm/h)	170,29		166,37		200,39	
Terenos/MS (Jaraguá) – Centro-Oeste	para IDF1 (mm/h)	214,95		193,79		225,87	
	para IDF2 (mm/h)	<b>215,92</b>		<b>194,64</b>		<b>226,83</b>	
	para IDF3 (mm/h)	202,62		180,35		206,20	
	para IDF4 (mm/h)	205,65		182,97		209,04	
Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia) – Sudeste	para IDF1 (mm/h)	173,58		169,86		205,11	
	para IDF2 (mm/h)	174,07		170,54		206,26	
	para IDF3 (mm/h)	170,32		166,77		201,54	
	para IDF4 (mm/h)	<b>174,29</b>		<b>170,99</b>		<b>207,24</b>	
Guaíba/RS (Guaíba Country Club) – Sul	para IDF1 (mm/h)	153,26		147,41		179,28	
	para IDF2 (mm/h)	153,68		147,96		180,23	
	para IDF3 (mm/h)	156,18		150,78		184,42	
	para IDF4 (mm/h)	<b>156,87</b>		<b>152,32</b>		<b>187,94</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

Nota-se, observando-se atentamente a Tabela 11 em conjunto com a Tabela 4, que os maiores valores calculados de intensidade de chuvas de projeto, por estação e por par de tempo de retorno e tempo de concentração (em negrito), sempre seguem

acompanhados do maior desvio padrão calculado. Por exemplo: para Guaíba, o maior desvio padrão calculado equivale a 31,56 mm na condição IDF 4. Sendo assim, os maiores valores de intensidade de chuva de projeto para Guaíba tanto para sarjetas de corte e outros dispositivos de drenagem superficial – DNIT, quanto para bueiros de transposição de talwegues em á. Rurais - DNIT e DER/SP e bueiros de transposição de talwegues em áreas urbanas ou de expansão urbana - DER/SP ocorrem também em IDF4. Mais que isso, o poder decisivo do desvio padrão  $\sigma$  vale para afirmação dos segundos, terceiros e quartos maiores valores de intensidade de chuva. Embora se denote com que a fórmula de Ven Te Chow (Equação 3) que  $X_{TR}$  é dependente também da média aritmética do conjunto dos dados coletados, percebe-se uma sensibilidade superior aos produtos  $K_{TR} \times S$ , para os períodos de retorno utilizados (5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos) e número de anos (eventos) na afirmação do maior valor resultante.

Mesmo com o fato de que quanto maior o número de eventos observados disponíveis, menor o fator de frequência  $K_{TR}$  (Figura 1), ainda se observa o poder de definição do maior desvio padrão. Às cidades de Fortaleza e Terenos, onde  $\sigma$  é superior em IDF 1 e IDF 2, respectivamente, os valores prevalecentes de intensidade de chuva continuam vendo-se a estas condições, mesmo com a quantidade maior de anos considerados em relação a IDF 3 e IDF 4.

Sobre diferenças percentuais verificadas entre valores de intensidade de chuva de projeto para condições de uma mesma estação, em relação ao maior valor de intensidade, destaca-se que o número máximo alcançado foi de 9,09%, entre IDF2 e IDF3 de Terenos/MS (Jaraguá), isto é, entre 226,83 e 206,20 mm/h.

#### **4.6. Considerações finais**

Sendo assim, os resultados de chuvas de projeto conseguidos através de pares de tempo de retorno e tempo de concentração recomendados pelo DNIT e DER/SP e de expressões IDF estabelecidas às cidades selecionadas a cada região brasileira, e com boa capacidade preditiva, verificada a partir de COE's, indicam que a inserção ou retirada em 1, 5 ou 10 anos em dados mais recentes até o fim de 2024 de chuva, obtidos através de pluviômetros de forma diária, pouco interfere na determinação de vazões de projetos de drenagem, posto que a máxima diferença percentual entre intensidades de chuvas de projeto calculada foi de 9,09%, observada na estação pluviométrica Jaraguá. Isto sugere que ocorrências de incapacidade de suporte de sistemas de drenagem bem projetados e

executados com equações de chuvas intensas baseadas em séries históricas de dados contínuas e confiáveis de altura pluviométrica, com desatualização de até dez anos, é gerada por outros fatores como ausência de manutenção preventiva, estruturas envelhecidas (fim de vida útil) e déficits institucionais em conjunto com falta de planejamento urbano. Destaca-se sobre as inundações recordes ocorridas em 2024 no Rio Grande do Sul:

Os sistemas de proteção contra inundações não são a resposta única para a prevenção de desastres, mas certamente fazem parte do conjunto de soluções necessárias em várias cidades. Em 2024, 35-40% dos afetados estavam em áreas onde diques falharam por problemas como comportas mal vedadas ou estruturas abaixo do projeto original. Recomenda-se inspeções periódicas nos sistemas de contenção e investimento contínuo na sua manutenção, com ênfase nas conexões entre estruturas e pontos críticos identificados no pós-evento (Fioreze *et al. apud* ANA; 2025).

Os resultados indicam ainda, que no momento de fim de dezembro de 2024, dados obtidos de alturas de chuvas de um, cinco e até dez anos mais recentes não causam mudanças significativas nos valores de intensidade de chuva de projeto de dispositivos de drenagem de rodovias. Entretanto, existem tendências observadas por estudos de impactos mudança do clima no Brasil, que apontam o aumento da frequência e da intensidade de chuvas em patamares nunca vistos, em diversos locais do território nacional (ANA, 2025). Portanto, não se devem ignorar os dados de alturas de chuvas futuros, ainda que de apenas um ano, no estabelecimento de equações IDF, cálculo de intensidades de chuva de projetos e vazão de contribuição, visto que há esta perspectiva de aumento bastante sensível.

As projeções de impacto da mudança do clima indicam chuvas mais intensas com tempos de recorrência mais baixos – ou seja, mais frequentes – e aumento importante nas vazões máximas no Rio Grande do Sul, exigindo revisão dos parâmetros de projeto. Os sistemas de drenagem, estruturas de proteção, barragens, pontes, estradas e sistemas de fornecimento de água e energia, entre outros, serão diretamente afetados e precisam de reavaliação para a adaptação, revisando-se as regras originais de projeto e operação de estruturas hidráulicas de alto risco e sistemas de defesa contra inundações. Outro estudo que deve ser empreendido por responsáveis pela segurança de estruturas hidráulicas no sul do Brasil consiste no reposicionamento da pior chuva ocorrida no Rio Grande do Sul sobre a bacia hidrográfica em que se localiza a

estrutura hidráulica e a comparação com valores e parâmetros de projeto atualmente adotados (Fioreze *et al. apud* ANA; 2025).

## 5. CONCLUSÃO

Diante das transformações climáticas, necessita-se entender como e quando uma expressão se torna incapaz de traduzir a realidade. Vive-se em um momento em que se identifica cientificamente o aumento de ocorrência de chuvas extremas. Portanto, ainda que se precise resolver este cenário através de combate às causas do aquecimento global, necessita-se entender como e quando uma expressão se torna incapaz de traduzir a realidade para que desastres sejam evitados, com sistemas de drenagem eficientemente projetados. Logo, diante da importância desta compreensão para o Brasil, denotam-se os seguintes pontos sobre execução de objetivos específicos e descobertas da pesquisa:

- Definiram-se gráficos descritivos de chuvas e de média móvel simples com base em dados pluviométricos até fim de dezembro de 2024 às cidades de Castanhal/PA, Fortaleza/CE, Terenos/MS, Belo Horizonte/MG e Guaíba/RS;
- Para estas cidades, que em conjunto contemplam todas as regiões brasileiras, estabeleceram-se curvas de altura x duração x frequência, de intensidade x duração x frequência e expressões de chuvas aplicando-se o Método de Gumbel para modelagem de valores de altura de chuva, o Método das Isozonas para transformação e desagregação de chuvas de um dia, além do método explanado por Villela e Mattos (1975) para ajuste dos coeficientes “a”, “b”, “c” e “d”, realizando-se regressão linear, em quatro condições de base de dados diferentes (IDF 1, IDF 2, IDF 3 e IDF 4);
- Os maiores valores de “a” e “b” para Castanhal/PA, ou seja, 1698,1590 e 0,1944, respectivamente, ocorreram em IDF 4, contrariando a hipótese de que a expressão contendo mais dados, isto é, IDF 1, teria os máximos valores às constantes “a” e “b”. Os parâmetros “c” e “d” para Castanhal/PA, Fortaleza/CE e Belo Horizonte/MG foram iguais, isto é, 18,9700 e 0,7719, visto que estão localizados na mesma Isozona C;
- Avaliou-se a capacidade preditiva das expressões estabelecidas através do Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe (COE). Todas obtiveram valores muito próximos de 1, o que significa bom desempenho, como inclusive no menor valor para os tempos de retorno de IDF 1 de Castanhal/PA, em que o COE foi igual a 0,9741;
- Calcularam-se intensidades de chuvas de projeto a partir das expressões estabelecidas para pares de tempo de retorno e de concentração recomendados pelo DNIT E DER/SP e se identificou que a diferença máxima percentual entre valores de intensidade de chuva de projeto, em relação ao maior valor, para condições de uma

mesma estação e mesmo dispositivo de drenagem de rodovias, foi de 9,09%, ocorrida em Terenos/MS, entre 226,2 mm/h e 206,2 mm/h, das condições IDF 2 e IDF 3 respectivamente, para bueiros de transposição de talwegues em áreas urbanas ou de expansão urbana – DER/SP;

- Evidenciou-se que às condições designadas, maiores valores calculados de intensidade de chuvas de projeto, por estação pluviométrica e por par de tempo de retorno e tempo de concentração, sempre seguem acompanhados do maior desvio padrão afirmado, mesmo com a variação de média aritmética e dos valores dos fatores de frequência  $K_{TR}$  do Método de Gumbel, como por exemplo no par  $\sigma = 65,61$  mm e  $i = 228,79$  mm para sarjetas de corte e outros dispositivos de drenagem superficial – DNIT em Castanhal na condição IDF 4.

Sendo assim, ressalta-se que os resultados indicam que dados obtidos de alturas de chuvas de um, cinco e até dez anos mais recentes não causam mudanças significativas nos valores de intensidade de chuva de projeto de dispositivos de drenagem de rodovias (vide diferença máxima de 9,09%) e por conseguinte sugerem causas divergentes de incrementos de intensidades de chuva de projetos para ocorrências de insuficiência de sistemas de drenagem, e que, apesar disto, não se devem menosprezar ou ignorar os dados de alturas de chuvas futuros, no estabelecimento de intensidades de chuva de projetos, levando em consideração as percepções e projeções científicas de aumento frequência de chuvas extremas em diversas localidades do Brasil.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **HidroWeb**: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em:

<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 19 fev. 2026

ARAGÃO, Ricardo de *et al.* Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 243-252, mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000300001>. Acesso em: 19 fev. 2026.

BAHIA, Álon dos Santos; FIGUEIREDO, Thalia Rafaela Coelho. Transferência de equações de chuvas intensas para locais sem registros pluviométricos no estado do Pará. Orientador: Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar. 2023. 126 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2023. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/6533>. Acesso em: 19 fev. 2026.

BATISTA, T. L.; ALVES, F. M.; TAVARES, P. R. L. **Utilização de dados pluviométricos para o desenvolvimento de equações IDF da região metropolitana de Fortaleza- CE**, Brasil. *Revista DAE*, Ceará, v. 66, n. 211, p118-129, set. 2018. Disponível em: [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_211\\_n\\_1718.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_211_n_1718.pdf). Acesso em: 19 fev. 2026.

CAMPOS, Alcinei Ribeiro *et al.* Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 488-498, jul./set. 2014.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 333 p. IPR 724. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724\\_manual\\_drenagem\\_rodovias.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf). Acesso em: 19 fev. 2026.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 133 p. IPR 715. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/715\\_manual\\_de\\_hidrologia\\_basica.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/715_manual_de_hidrologia_basica.pdf). Acesso em: 19 fev. 2026.

FIGUEIREDO, Ana Paula *et al.* **As enchentes no Rio Grande do Sul**: lições, desafios e caminhos para um futuro resiliente. Brasília, DF: ANA, 2025. 57 p. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/292115>. Acesso em: 19 fev. 2026.

GODOY, Jeane Aparecida Rombi de; BENINI, Sandra Medina; PALMISANO, Angelo. A infraestrutura verde aplicada à drenagem urbana: estudo de caso do Município de São Paulo. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [S. l.], v. 12, n. 37, 2024.

MAIA MELO ENGENHARIA. **Projeto executivo do sistema de drenagem da duplicação da rodovia BR-316**. [S. l.: s. n., s. d.]. 1 projeto de engenharia.

MARENGO, José A. *et al.* O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 38, n. 111, p. 7-26, 2024. Disponível em:

<https://revistas.usp.br/eav/es/article/view/240819>. Acesso em: 19 fev. 2026

MARTINEZ, A. B. *et al.* **Caderno técnico II: temporadas águas: o aumento das chuvas extremas**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2025.

McCUEN, R. H., WONG, S. L., RAWLS, W.J., 1984, Estimating urban time of concentration, **Journal of Hydraulic Engineering** Volume 10 n.1 Jan/Mar 2005, 5-23 23 Engineering, vol. 110, n.7, ASCE, pp 887-904.

OLIVEIRA, R. S. **Determinação da equação de chuvas intensas para o município de Toledo / PR**. Toledo - PR, 2017. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15676/1/determinacaoequacaochuvasintensas.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2026.

PINTO, F. A. Chuvas intensas no estado de Minas Gerais: **análises e modelos**. Viçosa: UFV, 1995. 87p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

RÊGO, Paulinne Maysi Mastop do; MENDES, Izabela Mendonça da Silva; AGUIAR, Marcelo Figueiredo Massulo. Equações de Chuvas Intensas para Auxílio das Obras de Drenagem Urbana no Estado do Pará. **Revista Científica ANAP Brasil**, São Paulo, Brasil, v. 16, n. 38, 2023. DOI: [10.17271/19843240163820233753](https://doi.org/10.17271/19843240163820233753). Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap\\_brasil/article/view/3753](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/3753).

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem. **IP-DE-H00/001: Instrução de projeto de drenagem: diretrizes básicas**. São Paulo: DER, 2006. 32 p. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br>. Acesso em: 19 fev. 2026.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. Chuvas intensas para o Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.362-367, 2002.

SILVA, P.M.O.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. & COELHO, G. Modelagem da hidrografia de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **R. Bras. Eng. Agric. Amb.**, p. 258-265, 2008.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 5-23, jan./mar. 2005. Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGB/recursos/artigos/RBRH-V10-N1-P005-023.pdf>.

Acesso em: 19 fev. 2026.

SOUZA, R. O. R. de M. *et al.* Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 999-1005, 2012.

VILLELA, S. M.; ARTHUR, Mattos. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.

### **5.1. Sugestões para trabalhos futuros**

A partir da dedicação à identificação das possibilidades de focos em trabalhos futuros, sugere-se que se façam novas avaliações sobre impacto de mudanças nas séries de dados de alturas de chuvas concomitantemente ao surgimento de novos dados. Ademais, inclusive pelo fato de não ter havido tempo dentro do prazo de entrega do TCC de realizar isto, propõe-se avaliar o impacto de recentes adições nas series de dados pluviométricos nas intensidades de chuvas de projeto a partir de análises de gráficos de média móvel de precipitações máximas diárias anuais. Propõe-se também, a execução de pesquisas baseadas em dados obtidos por pluviógrafos - visto serem instrumentos diferenciados à medida de altura de chuva em função do tempo e obtenção de expressões de chuvas intensas - no sentido de verificar e examinar possíveis divergências entre tendências apontadas com relação a investigações científicas realizadas com base em dados pluviométricos. Outrossim, indica-se explorar a correlação entre intensidade de chuva de projeto e desvio padrão do conjunto de dados de alturas máximas de chuvas, visto que é possível que ele se torne um parâmetro importante para verificação de segurança ou qualidade de expressões IDF, levando em conta que para os pares aplicados, o maior valor de intensidade de chuva de projeto sempre esteve acompanhado do maior valor de desvio padrão.

**APÊNDICE A – PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS ANUAIS, GRÁFICOS  
DESCRITIVOS DE CHUVAS E GRÁFICOS DE MÉDIA MÓVEL PARA  
INTERVALOS DE 5 ANOS**

**Tabela 12 – Precipitações máximas diárias anuais para Castanhal/PA, de acordo  
com dados pluviométricos da estação Castanhal**

<b>ANO</b>	<b>Pi (mm)</b>	<b>Núm. De anos N</b>
1972	69,5	1
1973	147,5	2
1974	115,4	3
1975	92,7	4
1976	108,8	5
1977	93	6
1978	100	7
1979	77,4	8
1980	134,2	9
1981	104,5	10
1982	74,4	11
1983	61,6	12
1984	63,6	13
1985	68,5	14
1986	61	15
1987	71,9	16
1988	90,1	17
1989	139,1	18
1990	100	19
1991	193,4	20
1992	92	21
1993	445,1	22
1994	99	23
1995	69,5	24
1996	117,8	25
1997	90,5	26
1998	79	27
1999	128,2	28
2000	60,5	29
2001	228,6	30
2002	80,4	31
2003	69,5	32
2004	180,7	33
2005	168,5	34
2006	90,8	35
2007	73,2	36

2008	106,3	37
2009	156,6	38
2010	65,3	39
2011	108,5	40
2012	52,3	41
2013	78,9	42
2014	65,3	43
2015	48,6	44
2016	80,7	45
2017	132,3	46
2018	142,3	47
2019	81,2	48
2020	151,4	49
2021	73,2	50
2022	135,5	51
2023	137,9	52
2024	91,3	53

---

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 13 – Precipitações máximas diárias anuais para Fortaleza/CE, de acordo com dados pluviométricos da estação Pici**

<b>Ano</b>	<b>Pi (mm)</b>	<b>Núm. De anos N</b>
1965	74,8	1
1966	63,4	2
1967	113,4	3
1968	65,4	4
1969	72,1	5
1970	134,2	6
1971	138,5	7
1972	136,2	8
1973	76,8	9
1974	128,5	10
1975	65,5	11
1976	85,5	12
1977	168	13
1978	122,2	14
1979	117,7	15
1980	84,1	16
1981	161,6	17
1982	74,7	18
1983	91,4	19
1984	112,4	20
1985	145,5	21
1986	142,8	22
1987	83,1	23
1988	87	24
1989	62	25
1990	61,4	26
1991	104,4	27
1992	82,6	28
1993	83,5	29
1994	83	30
1995	137,3	31
1996	85,2	32
1997	92,8	33
1998	86	34
1999	44,2	35
2000	90,8	36
2001	103	37
2002	110	38
2003	146,7	39
2004	173,8	40
2005	97,4	41

2006	119	42
2007	81,4	43
2008	68,1	44
2009	84,7	45
2010	65,6	46
2011	128,8	47
2012	197,6	48
2013	47,7	49
2014	43,4	50
2015	88	51
2016	100,6	52
2017	107,8	53
2018	115	54
2019	105,8	55
2020	124,4	56
2021	86,6	57
2022	136,9	58
2023	92,2	59
2024	215,1	60

---

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 14 – Precipitações máximas diárias anuais para Terenos/MS, de acordo com dados pluviométricos da estação Jaraguá**

<b>Ano</b>	<b>Pi (mm)</b>	<b>Núm. De anos N</b>
1963	72	1
1964	77	2
1965	73	3
1966	75	4
1967	92	5
1968	109	6
1969	131	7
1970	90	8
1971	74,6	9
1972	57,4	10
1976	58,8	11
1977	136,5	12
1978	89	13
1979	82,1	14
1980	68,9	15
1981	68,2	16
1982	93,9	17
1983	106,5	18
1990	94	19
1991	107	20
1992	120,3	21
1993	91,2	22
1994	62,5	23
1995	90	24
1996	94,4	25
1997	104,2	26
1998	108	27
1999	72,5	28
2000	99,7	29
2001	115	30
2002	90,1	31
2003	109,4	32
2004	80	33
2005	135	34
2006	130,4	35
2007	118,5	36
2008	83	37
2009	129,5	38
2010	59,1	39
2011	136	40
2012	91	41

2013	87	42
2014	99,4	43
2015	80	44
2016	110	45
2017	67	46
2018	60	47
2019	85	48
2020	123	49
2021	80,1	50
2022	95,1	51
2023	201,4	52
2024	71,2	53

---

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 15 – Precipitações máximas diárias anuais para Belo Horizonte/MG, de acordo com dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**

<b>Ano</b>	<b>Pi (mm)</b>	<b>Núm. De anos N</b>
1965	62	1
1966	75	2
1967	75	3
1968	62	4
1969	80,4	5
1970	82,2	6
1971	75	7
1972	75	8
1973	80	9
1974	49	10
1975	80,6	11
1976	67,2	12
1977	67,3	13
1978	143	14
1979	97,5	15
1980	78,2	16
1981	155	17
1982	161	18
1983	159,9	19
1984	138,4	20
1985	118	21
1986	112,4	22
1987	79,2	23
1988	76	24
1989	110	25
1990	62,2	26
1991	124	27
1992	147,3	28
1993	92	29
1994	83,2	30
1995	162	31
1996	56,3	32
1997	175	33
1998	67	34
1999	89,2	35
2000	173	36
2001	80,3	37
2002	102,5	38
2003	217,5	39
2004	141	40
2005	96,7	41

2006	101,2	42
2007	80,6	43
2008	123,1	44
2009	79,3	45
2010	80,6	46
2011	113,9	47
2012	78,2	48
2013	87,4	49
2014	98,9	50
2015	71,8	51
2016	110,9	52
2017	70,4	53
2018	92,7	54
2019	75	55
2020	193,4	56
2021	101,3	57
2022	136,4	58
2023	90,2	59
2024	105,8	60

---

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

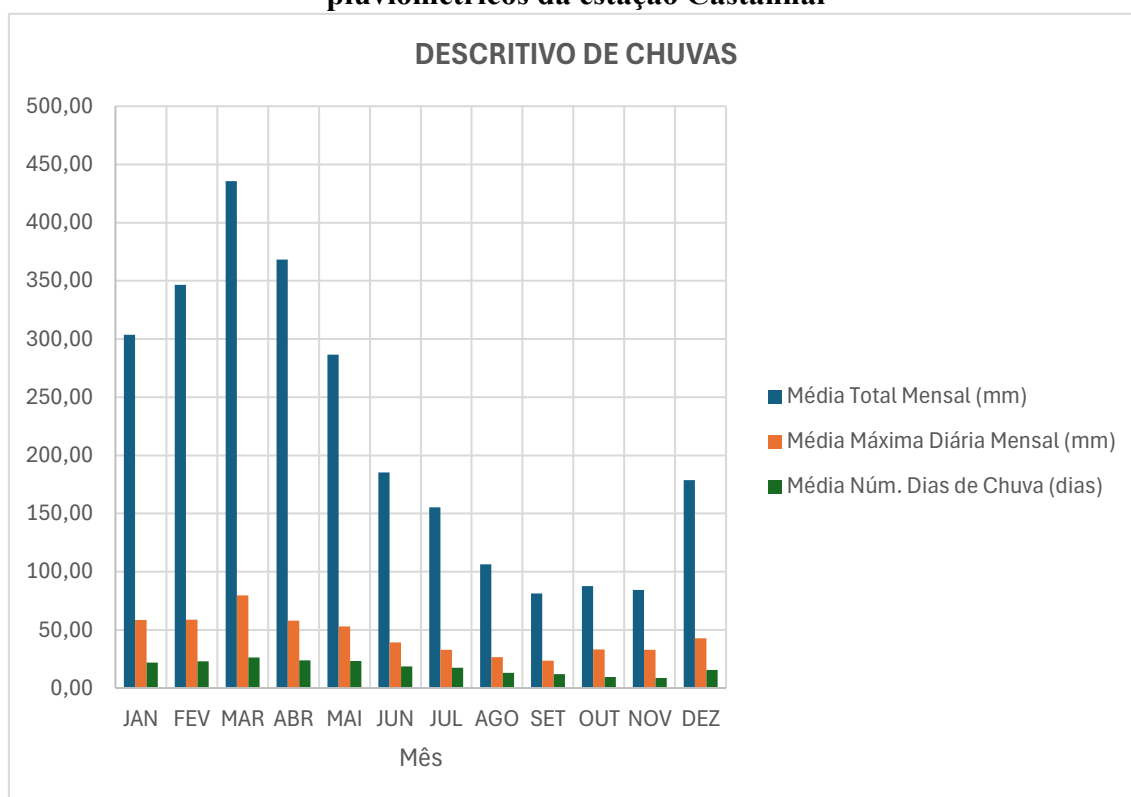
**Tabela 16 – Precipitações máximas diárias anuais para Guaíba/RS, de acordo com dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**

<b>Ano</b>	<b>Pi (mm)</b>	<b>Núm. De anos N</b>
1967	112,00	1
1968	42,20	2
1969	56,80	3
1970	108,30	4
1971	99,20	5
1972	49,00	6
1973	73,30	7
1974	50,00	8
1975	70,30	9
1976	100,20	10
1977	80,20	11
1978	86,80	12
1979	70,80	13
1980	70,00	14
1981	76,40	15
1982	49,00	16
1983	74,00	17
1984	24,80	18
1985	46,40	19
1986	73,70	20
1987	66,70	21
1988	50,70	22
1989	72,20	23
1990	124,50	24
1991	52,30	25
1992	53,90	26
1993	172,50	27
1994	56,30	28
1995	75,70	29
1996	62,40	30
1997	92,30	31
1998	70,30	32
1999	72,00	33
2000	67,90	34
2001	63,80	35
2002	96,30	36
2003	45,40	37
2004	73,70	38
2005	160,90	39
2006	165,00	40
2007	94,30	41

2008	53,10	42
2009	43,30	43
2010	90,00	44
2011	52,90	45
2012	63,70	46
2013	109,00	47
2014	43,90	48
2015	85,70	49
2016	112,00	50
2017	92,20	51
2018	76,30	52
2019	84,90	53
2020	72,10	54
2021	71,50	55
2022	54,40	56
2023	87,70	57
2024	81,10	58

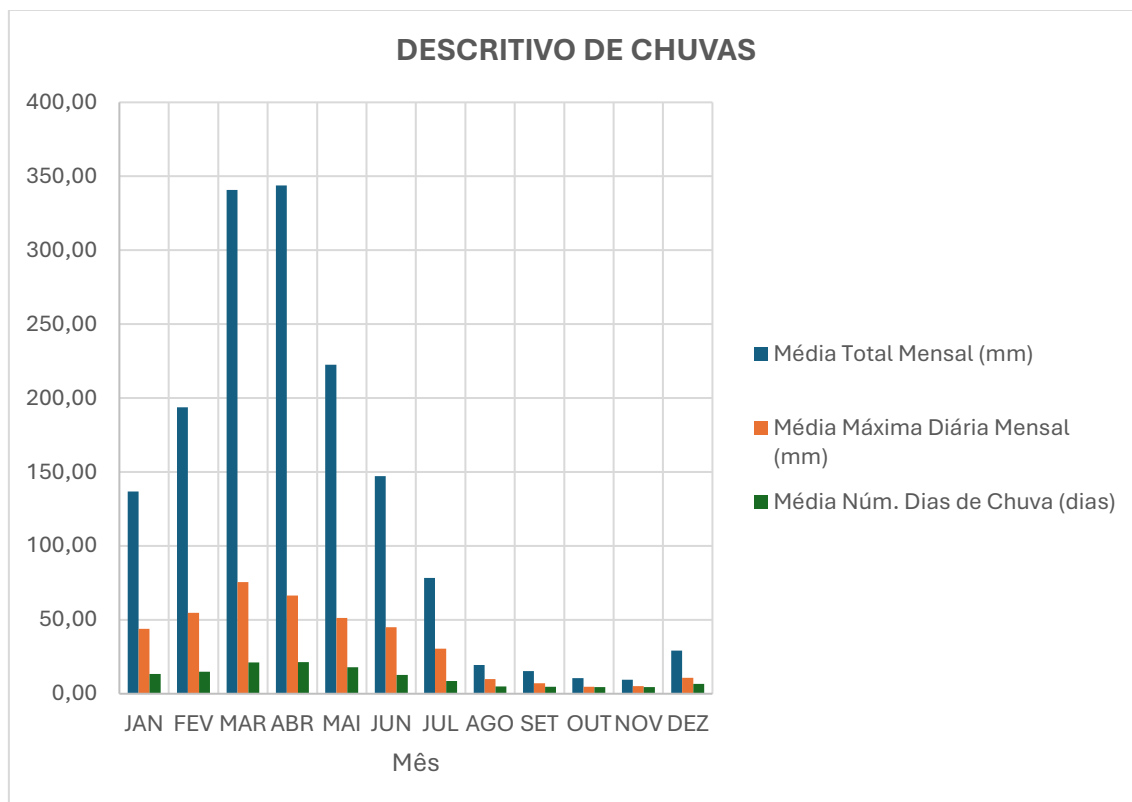
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 20 – Gráfico descritivo de chuvas de Castanhal/PA com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal**



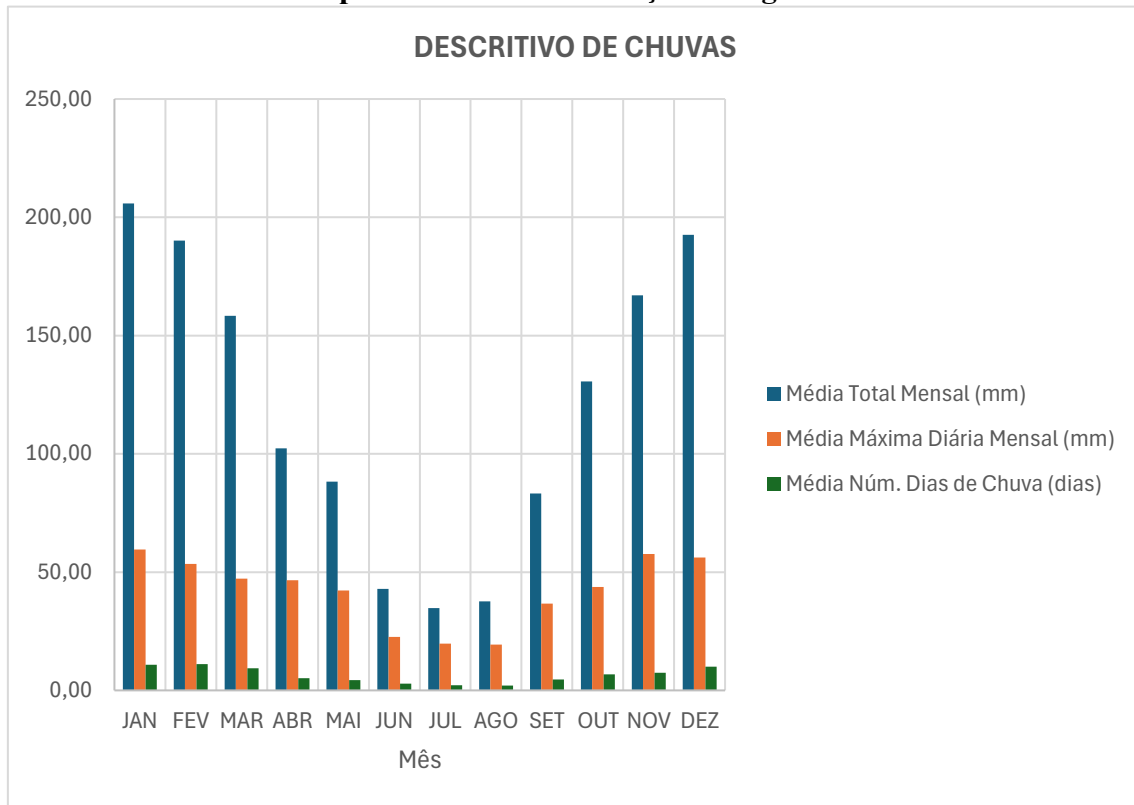
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 21 – Gráfico descritivo de chuvas de Fortaleza/CE com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



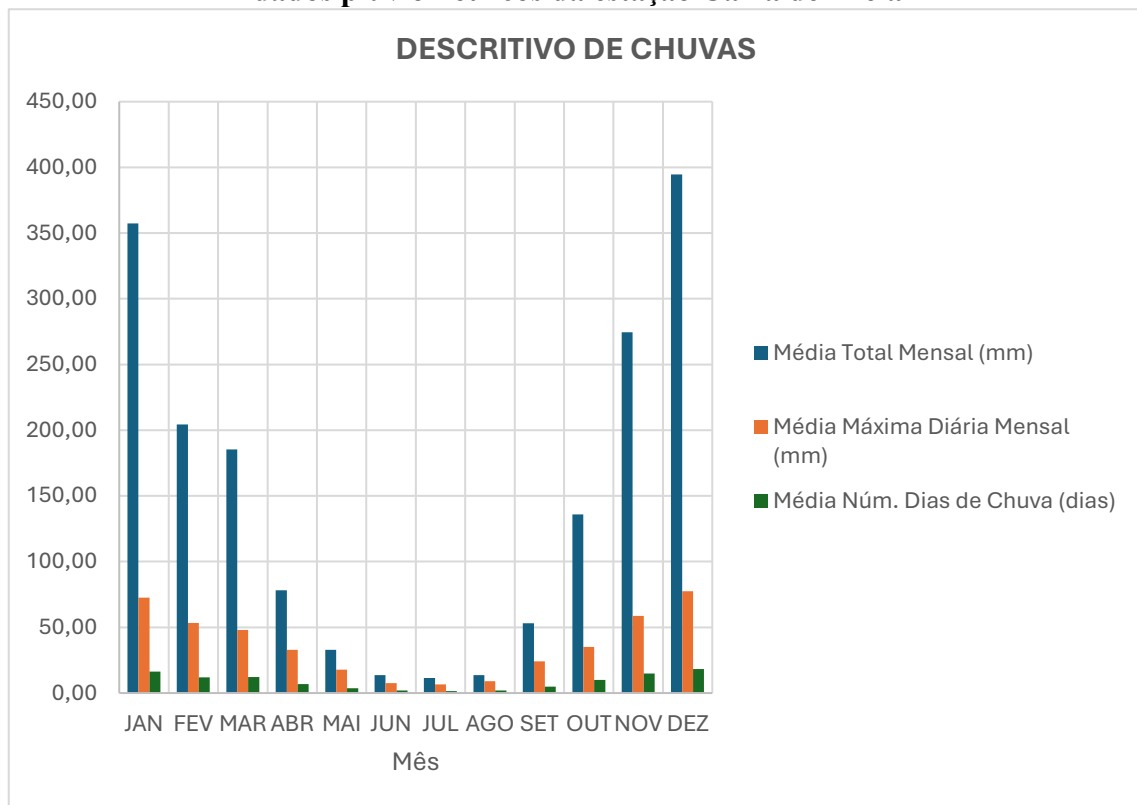
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 22 – Gráfico descritivo de chuvas de Terenos/MS com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



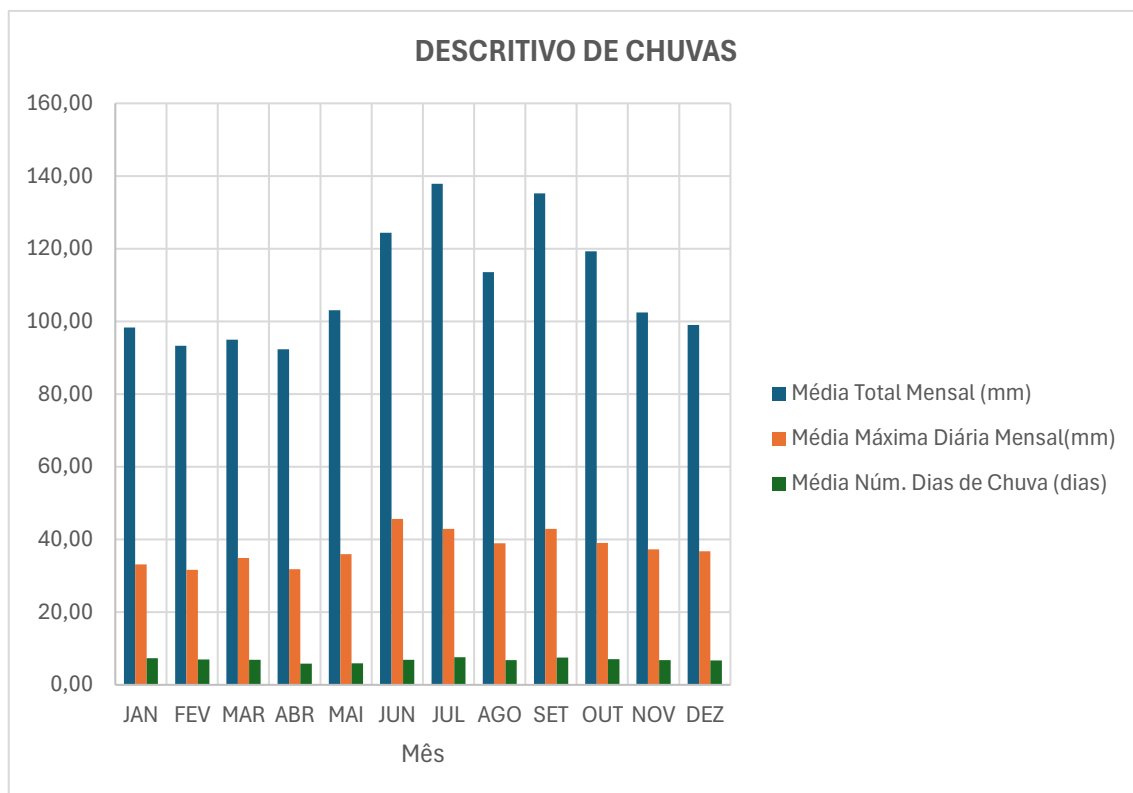
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 23 – Gráfico descritivo de chuvas de Belo Horizonte/MG com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



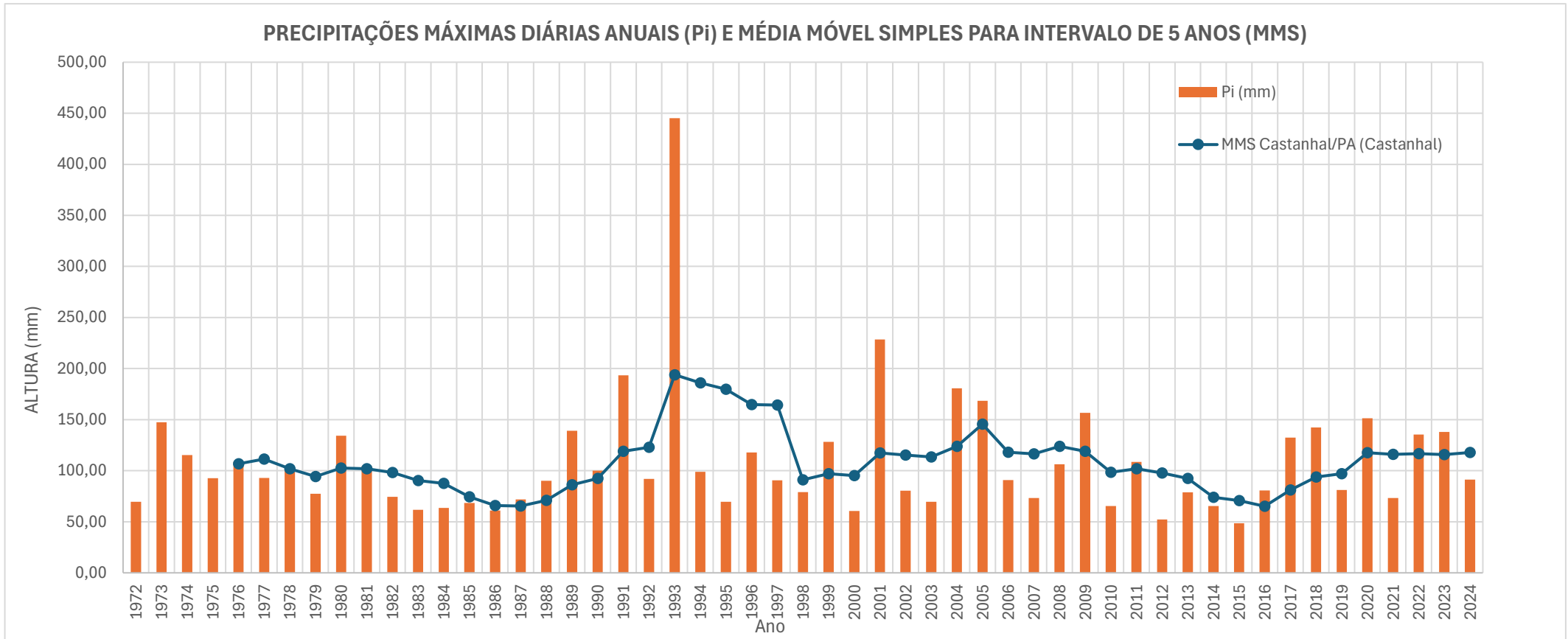
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 24 – Gráfico descritivo de chuvas de Guaíba/RS com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**



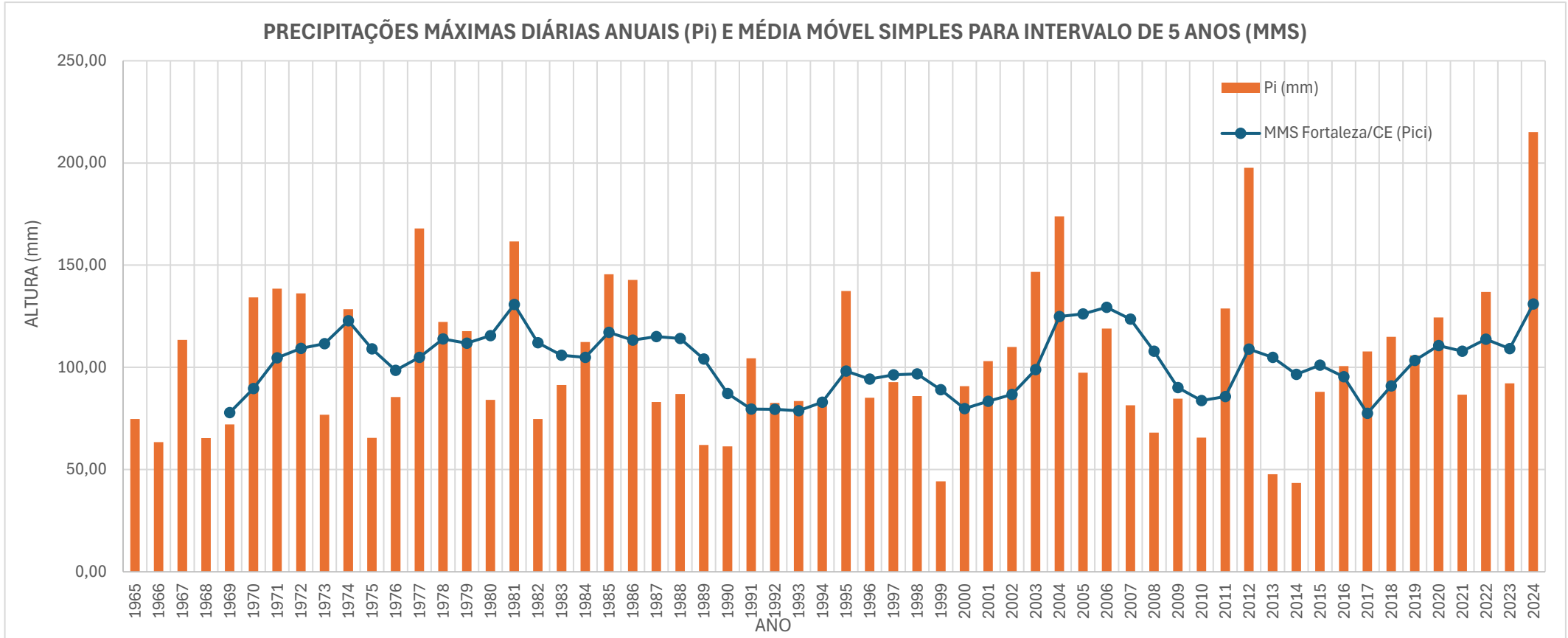
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 25 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Castanhal/PA com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal**



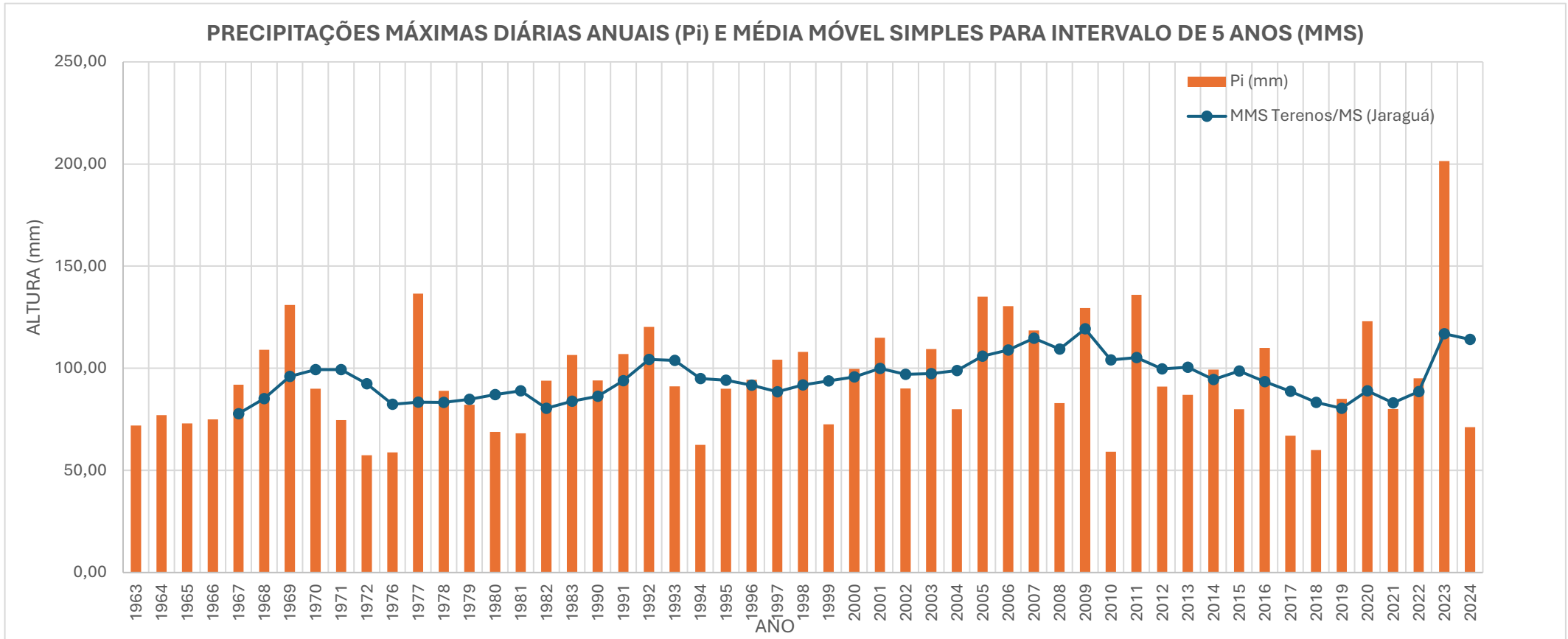
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 26 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Fortaleza/CE com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



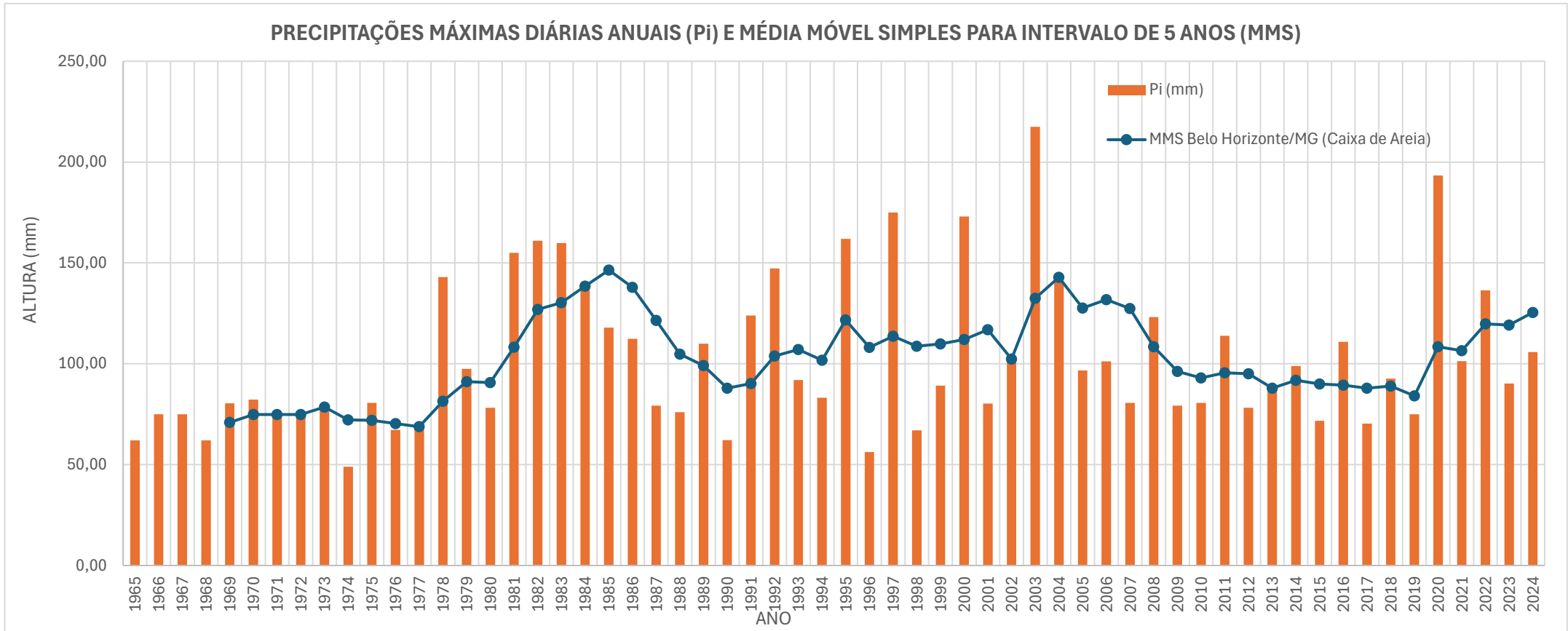
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 27 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Terenos/MS com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



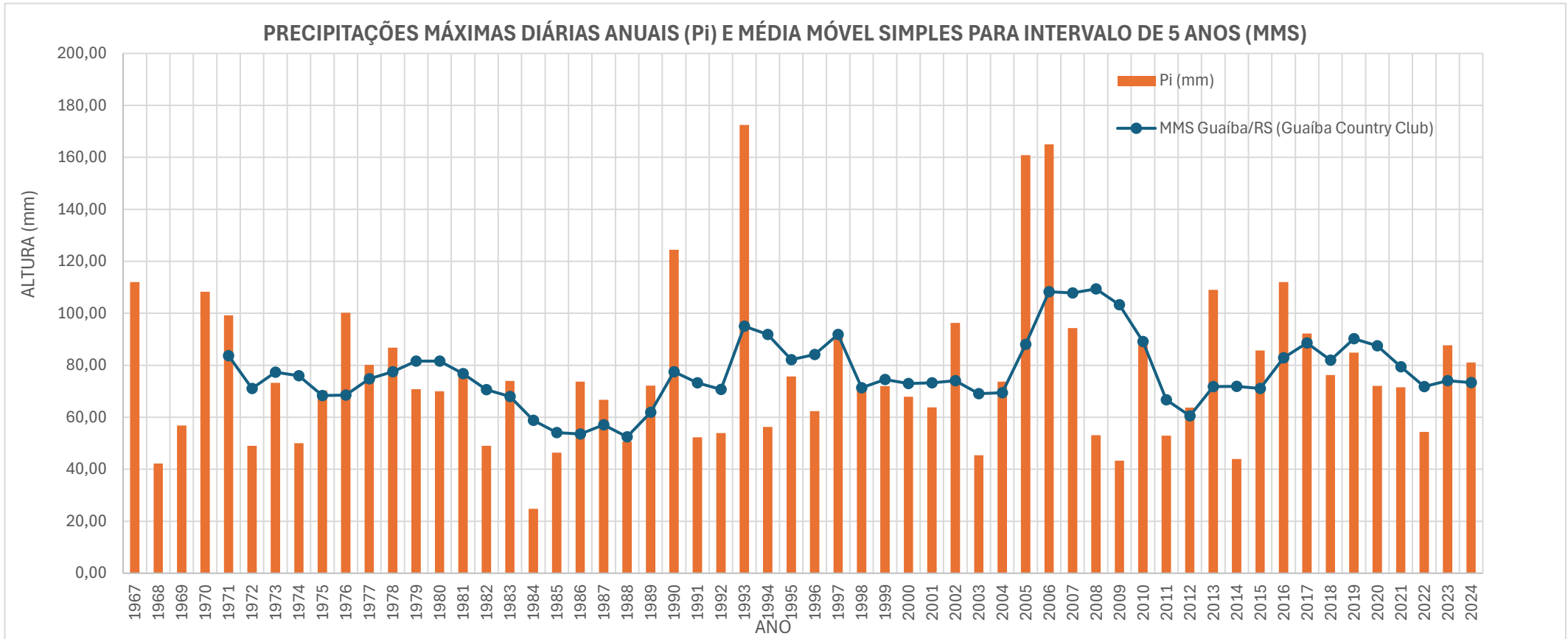
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 28 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Belo Horizonte/MG com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 29 – Gráfico de média móvel simples de precipitações máximas de Guaíba/RS com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**APÊNDICE B – ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE UM DIA ESTIMADAS PELO MÉT. DE GUMBEL E VALORES DE ALTURAS E INTENSIDADE CALCULADOS A PARTIR DO MÉT. DAS ISOZONAS (EXCETO PARA IDF 1 DE CASTANHAL/PA)**

**Figura 30 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Castanhál/PA (Castanhál)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=52$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,817	158,94	17,06	69,79	174,04
10	1,462	198,54	21,31	86,31	217,40
15	1,821	220,58	23,67	95,41	241,54
20	2,08	236,48	25,38	101,77	258,95
25	2,276	248,52	26,67	106,67	272,13
50	2,881	285,66	30,65	121,37	312,80
100	3,481	322,50	31,08	135,61	353,14

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	170,55	69,79	7,25
10	213,05	86,31	9,06
15	236,71	95,41	10,06
20	253,77	101,77	10,79
25	266,68	106,67	11,34
50	306,55	121,37	13,03
100	310,77	135,61	14,71

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 31 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Castanhál/PA (Castanhál)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=48$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,823	159,45	17,11	70,01	174,60
10	1,471	200,38	21,50	87,11	219,42
15	1,832	223,19	23,95	96,53	244,39
20	2,093	239,67	25,72	103,14	262,44
25	2,290	252,12	27,05	108,22	276,07
50	2,898	290,52	31,18	123,43	318,12
100	3,501	328,61	31,67	138,17	359,83

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	171,11	70,01	7,27
10	215,03	87,11	9,14
15	239,50	96,53	10,18
20	257,19	103,14	10,94
25	270,55	108,22	11,50
50	311,76	123,43	13,26
100	316,65	138,17	14,99

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 32 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Castanhal/PA (Castanhal)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=43$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,832	163,26
10	1,485	206,10
15	1,850	230,05
20	2,112	247,24
25	2,311	260,29
50	2,924	300,51
100	3,532	340,40

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	17,52	71,69	178,77
10	22,12	89,60	225,68
15	24,69	99,50	251,90
20	26,53	106,39	270,72
25	27,93	111,73	285,02
50	32,25	127,67	329,06
100	32,80	143,13	372,73

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	175,19	71,69	7,45
10	221,17	89,60	9,40
15	246,86	99,50	10,50
20	265,31	106,39	11,28
25	279,32	111,73	11,88
50	322,47	127,67	13,71
100	328,01	143,13	15,53

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 33 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Fortaleza/CE (Pici)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=60$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,807	132,42
10	1,446	155,48
15	1,802	168,33
20	2,059	177,61
25	2,253	184,61
50	2,852	206,23
100	3,446	227,67

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	14,21	58,14	145,00
10	16,68	67,59	170,25
15	18,06	72,81	184,32
20	19,06	76,43	194,48
25	19,81	79,24	202,15
50	22,13	87,62	225,82
100	21,94	95,73	249,30

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	142,10	58,14	6,04
10	166,85	67,59	7,09
15	180,64	72,81	7,68
20	190,59	76,43	8,10
25	198,10	79,24	8,42
50	221,30	87,62	9,41
100	219,38	95,73	10,39

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 34 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Fortaleza/CE (Pici)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=59$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,808	128,27	13,76	56,32	140,45
10	1,448	149,55	16,05	65,01	163,76
15	1,801	161,29	17,31	69,76	176,61
20	2,061	169,94	18,24	73,13	186,08
25	2,256	176,42	18,93	75,73	193,18
50	2,855	196,34	21,07	83,42	215,00
100	3,450	216,13	20,83	90,88	236,66

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	137,65	56,32	5,85
10	160,48	65,01	6,82
15	173,08	69,76	7,36
20	182,36	73,13	7,75
25	189,32	75,73	8,05
50	210,70	83,42	8,96
100	208,26	90,88	9,86

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 35 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Fortaleza/CE (Pici)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=55$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,813	128,33	13,77	56,35	140,52
10	1,455	150,08	16,11	65,24	164,34
15	1,813	162,22	17,41	70,16	177,63
20	2,071	170,96	18,35	73,57	187,20
25	2,267	177,60	19,06	76,24	194,48
50	2,869	198,01	21,25	84,13	216,82
100	3,467	218,28	21,03	91,78	239,01

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	137,71	56,35	5,85
10	161,06	65,24	6,85
15	174,08	70,16	7,40
20	183,46	73,57	7,80
25	190,59	76,24	8,10
50	212,48	84,13	9,03
100	210,33	91,78	9,96

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 36 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Fortaleza/CE (Pici)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=50$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,820	129,57
10	1,466	152,48
15	1,827	165,27
20	2,086	174,46
25	2,283	181,44
50	2,889	202,92
100	3,490	224,23

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	13,90	56,90	141,88
10	16,36	66,28	166,96
15	17,74	71,49	180,98
20	18,72	75,07	191,03
25	19,47	77,88	198,68
50	21,78	86,21	222,20
100	21,61	94,28	245,53

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	139,05	56,90	5,91
10	163,62	66,28	6,96
15	177,36	71,49	7,54
20	187,21	75,07	7,96
25	194,70	77,88	8,28
50	217,76	86,21	9,26
100	216,07	94,28	10,23

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 37 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Terenos/MS (Jaraguá)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=53$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,815	116,63
10	1,459	133,73
15	1,818	143,26
20	2,077	150,13
25	2,273	155,34
50	2,875	171,32
100	3,474	187,22

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	17,75	58,75	127,71
10	20,35	66,63	146,43
15	21,80	71,06	156,87
20	22,85	74,14	164,40
25	23,64	76,37	170,09
50	26,08	83,48	187,59
100	25,42	90,41	205,00

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	177,52	58,75	5,32
10	203,54	66,63	6,10
15	218,04	71,06	6,54
20	228,51	74,14	6,85
25	236,43	76,37	7,09
50	260,75	83,48	7,82
100	254,20	90,41	8,54

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 38 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Terenos/MS (Jaraguá)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=52 na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,817	117,18	17,84	59,02	128,31
10	1,462	134,33	20,45	66,93	147,10
15	1,821	143,88	21,90	71,37	157,55
20	2,080	150,77	22,95	74,46	165,09
25	2,276	155,98	23,74	76,69	170,80
50	2,881	172,07	26,19	83,84	188,41
100	3,481	188,02	25,53	90,80	205,89

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	178,36	59,02	5,35
10	204,46	66,93	6,13
15	218,99	71,37	6,56
20	229,48	74,46	6,88
25	237,41	76,69	7,12
50	261,90	83,84	7,85
100	255,30	90,80	8,58

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 39 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Terenos/MS (Jaraguá)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=48 na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,823	111,43	16,96	56,13	122,01
10	1,471	125,93	19,17	62,74	137,90
15	1,832	134,02	20,40	66,48	146,75
20	2,093	139,86	21,29	69,07	153,15
25	2,290	144,27	21,96	70,93	157,98
50	2,898	157,88	24,03	76,93	172,88
100	3,501	171,38	23,27	82,76	187,66

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	169,60	56,13	5,08
10	191,68	62,74	5,75
15	203,98	66,48	6,11
20	212,87	69,07	6,38
25	219,59	70,93	6,58
50	240,30	76,93	7,20
100	232,70	82,76	7,82

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 40 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Terenos/MS (Jaraguá)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=43 na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,832	113,15	17,22	56,99	123,90
10	1,485	127,81	19,45	63,68	139,95
15	1,85	136,01	20,70	67,47	148,93
20	2,112	141,89	21,60	70,07	155,37
25	2,311	146,36	22,28	71,96	160,26
50	2,924	160,13	24,37	78,02	175,34
100	3,53	173,78	23,60	83,92	190,29

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	172,22	56,99	5,16
10	194,54	63,68	5,83
15	207,01	67,47	6,21
20	215,97	70,07	6,47
25	222,77	71,96	6,68
50	243,72	78,02	7,31
100	235,96	83,92	7,93

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 41 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=60 na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,807	131,84	14,15	57,89	144,36
10	1,446	155,47	16,68	67,58	170,24
15	1,802	168,63	18,10	72,94	184,65
20	2,059	178,14	19,12	76,66	195,06
25	2,253	185,31	19,89	79,54	202,91
50	2,852	207,46	22,26	88,14	227,17
100	3,446	229,43	22,11	96,47	251,22

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	141,47	57,89	6,02
10	166,83	67,58	7,09
15	180,96	72,94	7,69
20	191,16	76,66	8,13
25	198,86	79,54	8,45
50	222,63	88,14	9,47
100	221,08	96,47	10,47

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 42 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	14,17	57,99	144,61
10	16,73	67,79	170,74
15	18,15	73,14	185,16
20	19,19	76,94	195,78
25	19,97	79,87	203,74
50	22,36	88,54	228,20
100	22,22	96,96	252,50

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=59 na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,808	132,06
10	1,448	155,93
15	1,801	169,10
20	2,061	178,79
25	2,256	186,07
50	2,855	208,40
100	3,450	230,59

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	141,72	57,99	6,03
10	167,33	67,79	7,11
15	181,46	73,14	7,72
20	191,86	76,94	8,16
25	199,67	79,87	8,49
50	223,64	88,54	9,51
100	222,20	96,96	10,52

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 43 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	13,87	56,77	141,57
10	16,37	66,31	167,02
15	17,76	71,58	181,21
20	18,76	75,23	191,43
25	19,52	78,09	199,20
50	21,86	86,55	223,06
100	21,71	94,76	246,76

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=55 na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,813	129,29
10	1,455	152,53
15	1,813	165,48
20	2,071	174,82
25	2,267	181,92
50	2,869	203,71
100	3,467	225,35

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	138,74	56,77	5,90
10	163,68	66,31	6,96
15	177,58	71,58	7,55
20	187,60	75,23	7,98
25	195,22	78,09	8,30
50	218,60	86,55	9,29
100	217,15	94,76	10,28

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 44 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=50$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,820	132,02	14,17	57,97	144,56
10	1,466	156,12	16,75	67,87	170,95
15	1,827	169,58	18,20	73,35	185,69
20	2,086	179,24	19,23	77,13	196,27
25	2,283	186,59	20,02	80,09	204,32
50	2,889	209,19	22,45	88,88	229,07
100	3,490	231,61	22,32	97,39	253,61

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	141,67	57,97	6,02
10	167,53	67,87	7,12
15	181,98	73,35	7,74
20	192,34	77,13	8,18
25	200,23	80,09	8,51
50	224,49	88,88	9,54
100	223,18	97,39	10,57

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 45 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 1 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=58$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)	P (mm)		
			Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	0,809	100,93	12,38	46,42	110,52
10	1,449	119,72	14,68	54,54	131,10
15	1,805	130,17	15,96	59,01	142,54
20	2,064	137,78	16,90	62,16	150,87
25	2,258	143,47	17,60	64,57	157,10
50	2,858	161,09	19,76	71,79	176,39
100	3,454	178,59	19,56	78,81	195,56

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	123,78	46,42	4,60
10	146,83	54,54	5,46
15	159,65	59,01	5,94
20	168,97	62,16	6,29
25	175,96	64,57	6,55
50	197,56	71,79	7,35
100	195,56	78,81	8,15

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 46 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 2 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=57$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,810	101,10
10	1,451	120,08
15	1,809	130,69
20	2,063	138,21
25	2,261	144,07
50	2,862	161,87
100	3,458	179,53

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	12,40	46,50	110,70
10	14,73	54,70	131,49
15	16,03	59,24	143,10
20	16,95	62,35	151,34
25	17,67	64,84	157,76
50	19,85	72,14	177,25
100	19,66	79,22	196,58

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	123,99	46,50	4,61
10	147,27	54,70	5,48
15	160,27	59,24	5,96
20	169,50	62,35	6,31
25	176,69	64,84	6,57
50	198,52	72,14	7,39
100	196,58	79,22	8,19

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 47 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 3 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para $N=53$ na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,815	102,41
10	1,459	122,06
15	1,818	133,02
20	2,077	140,92
25	2,273	146,90
50	2,875	165,28
100	3,474	183,55

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	12,56	47,10	112,14
10	14,97	55,60	133,66
15	16,31	60,30	145,65
20	17,28	63,58	154,31
25	18,02	66,11	160,86
50	20,27	73,66	180,98
100	20,10	81,00	200,99

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	125,59	47,10	4,67
10	149,70	55,60	5,57
15	163,13	60,30	6,07
20	172,83	63,58	6,43
25	180,16	66,11	6,70
50	202,69	73,66	7,54
100	200,99	81,00	8,37

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 48 – Alturas de precipitações de um dia estimadas pelo Método de Gumbel e alturas e intensidades de outras durações calculadas pelo Método das Isozonas para IDF 4 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**

$T_R$ (anos)	P (mm)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	12,53	47,00	111,90
10	15,04	55,87	134,30
15	16,44	60,76	146,77
20	17,45	64,19	155,79
25	18,21	66,83	162,60
50	20,56	74,73	183,61
100	20,45	82,39	204,45

$T_R$ (anos)	$K_{TR}$ para N=48 na tabela de Gumbel	$X_{TR}$ (mm)
5	0,823	102,19
10	1,471	122,64
15	1,832	134,04
20	2,093	142,28
25	2,29	148,49
50	2,898	167,68
100	3,501	186,71

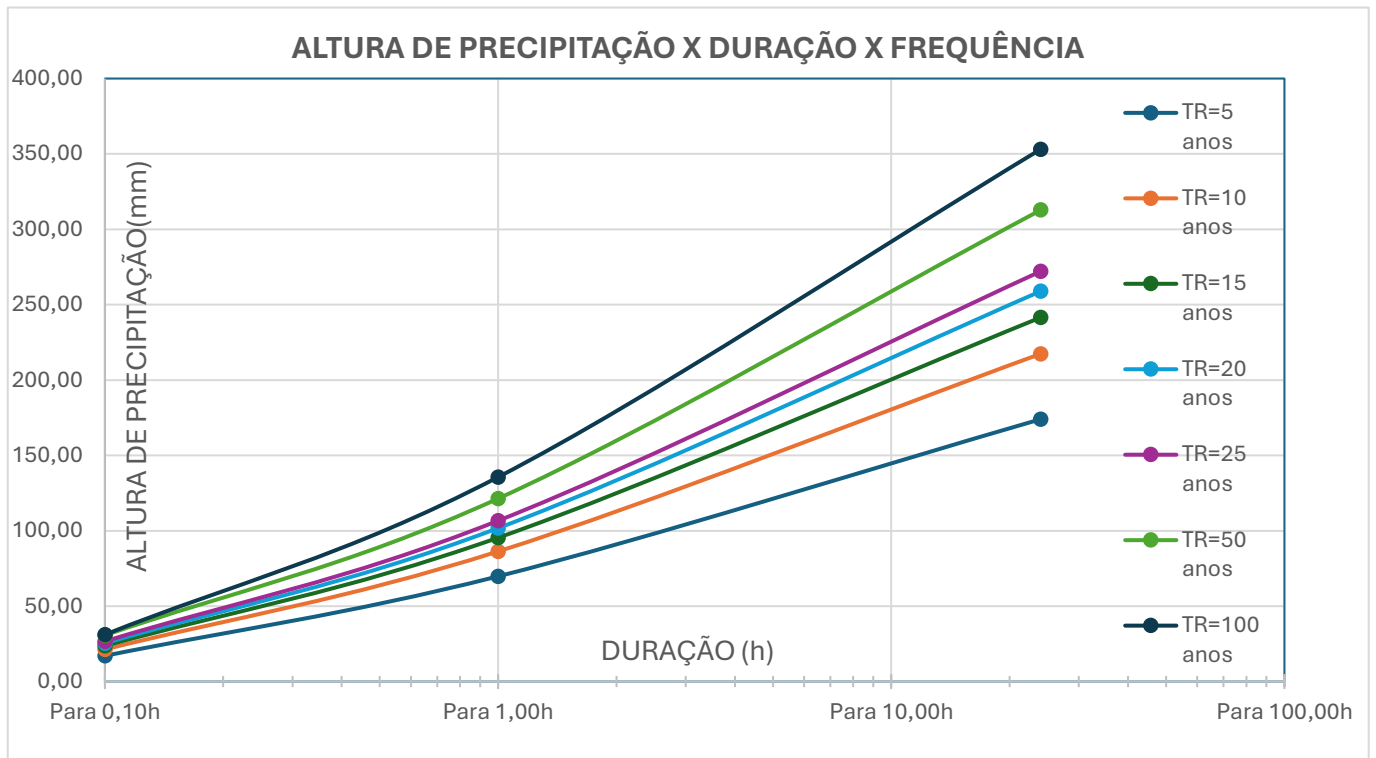
  

$T_R$ (anos)	i (mm/h)		
	Para 6 min (0,1 h)	Para 60 min (1 h)	Para 1440 min (24 h)
5	125,33	47,00	4,66
10	150,41	55,87	5,60
15	164,38	60,76	6,12
20	174,49	64,19	6,49
25	182,11	66,83	6,78
50	205,65	74,73	7,65
100	204,45	82,39	8,52

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

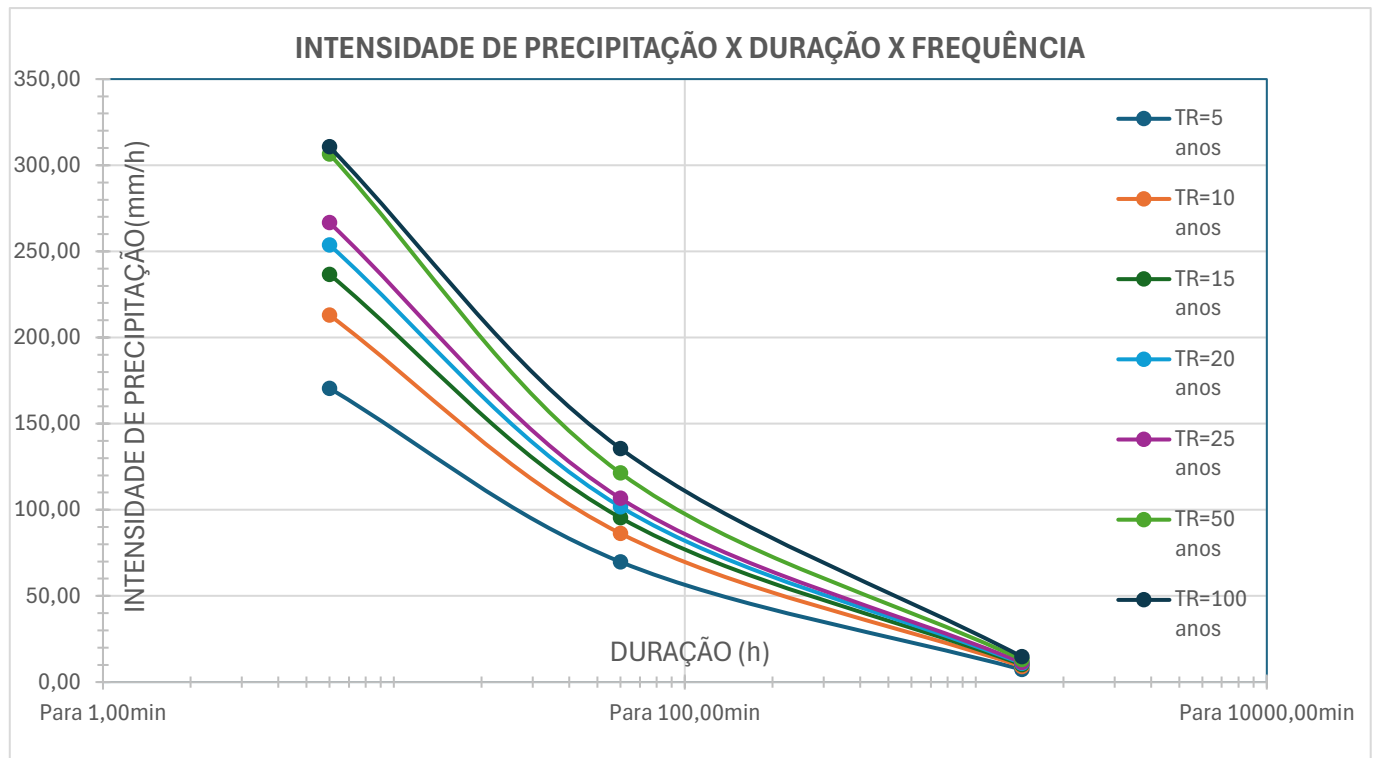
**APÊNDICE C – CURVAS ALTURA X DURAÇÃO X FREQUÊNCIA E  
INTENSIDADE X DURAÇÃO X FREQUÊNCIA (EXCETO PARA IDF 1 DE  
CASTANHAL/PA)**

**Figura 49 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para  
condição IDF 2 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação  
Castanhal**



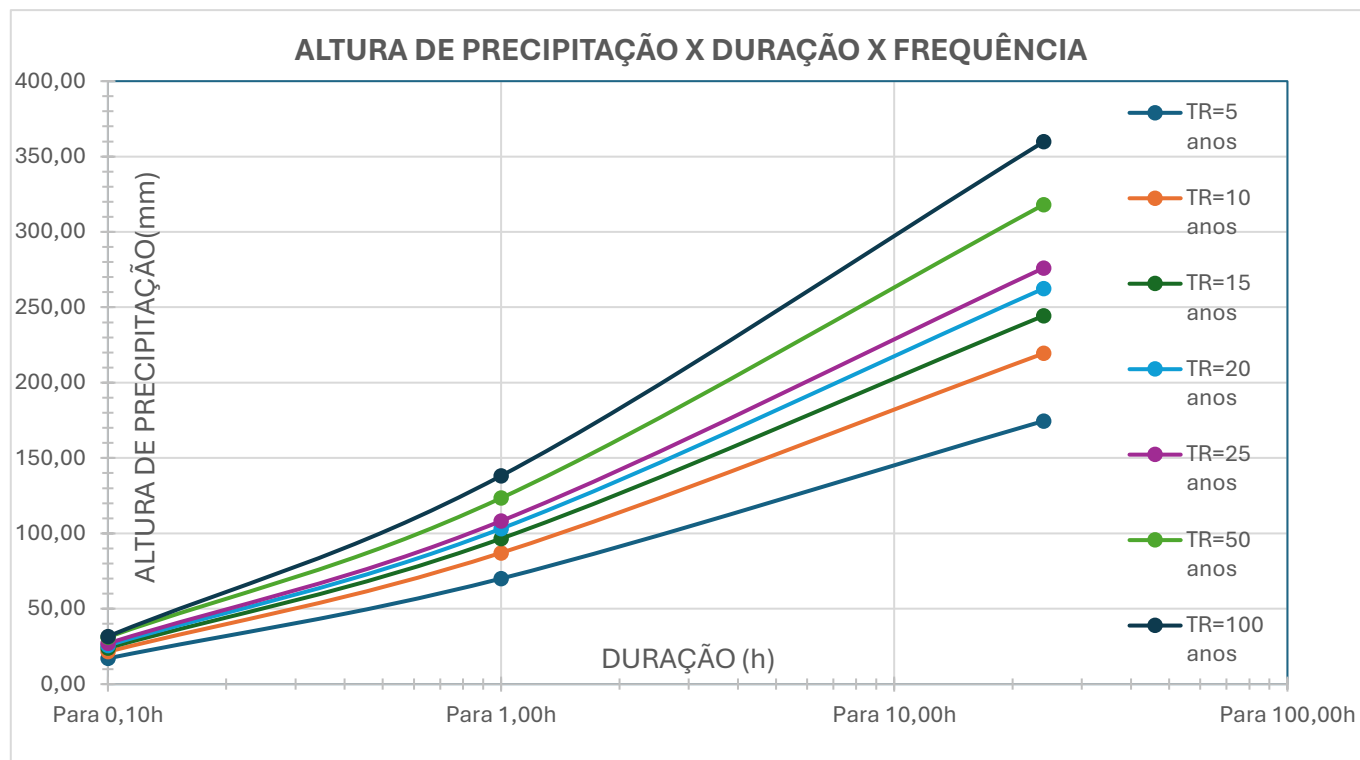
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 50 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal**



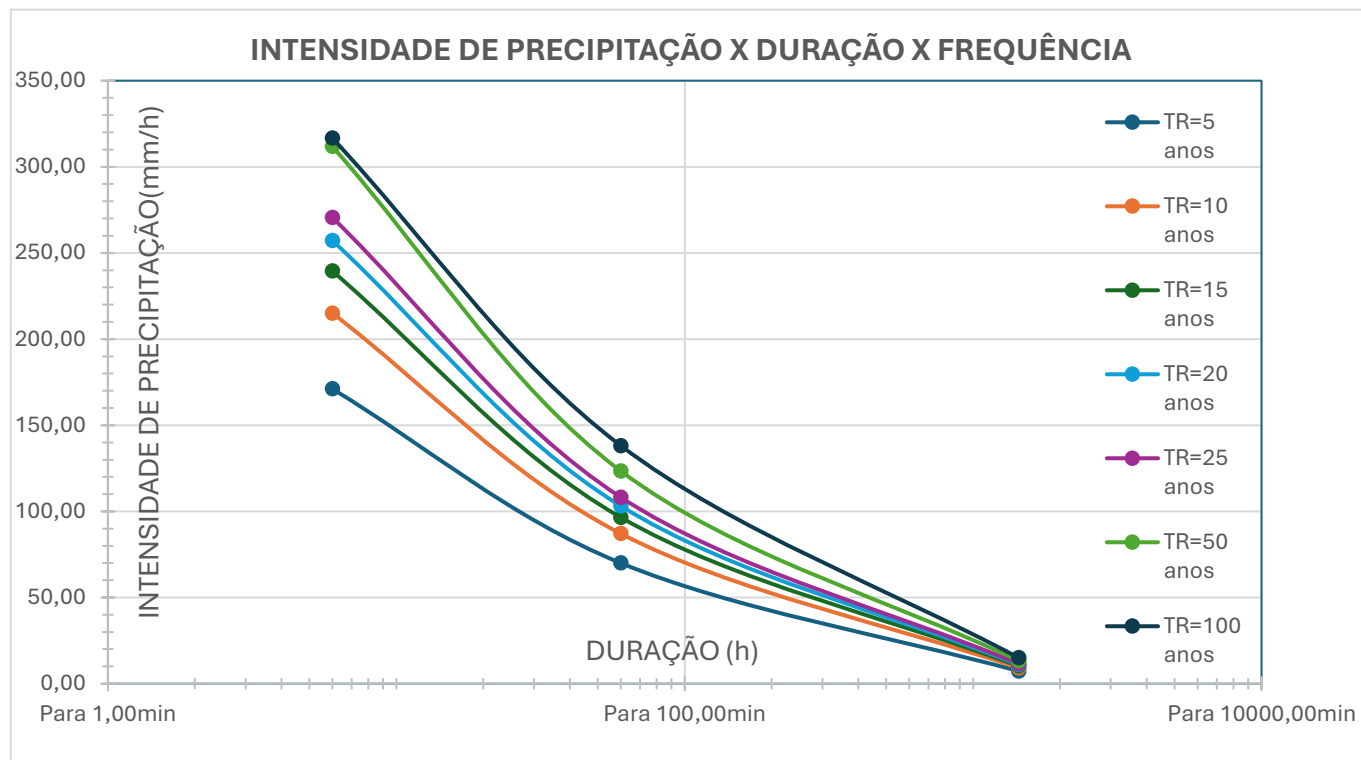
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 51 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal**



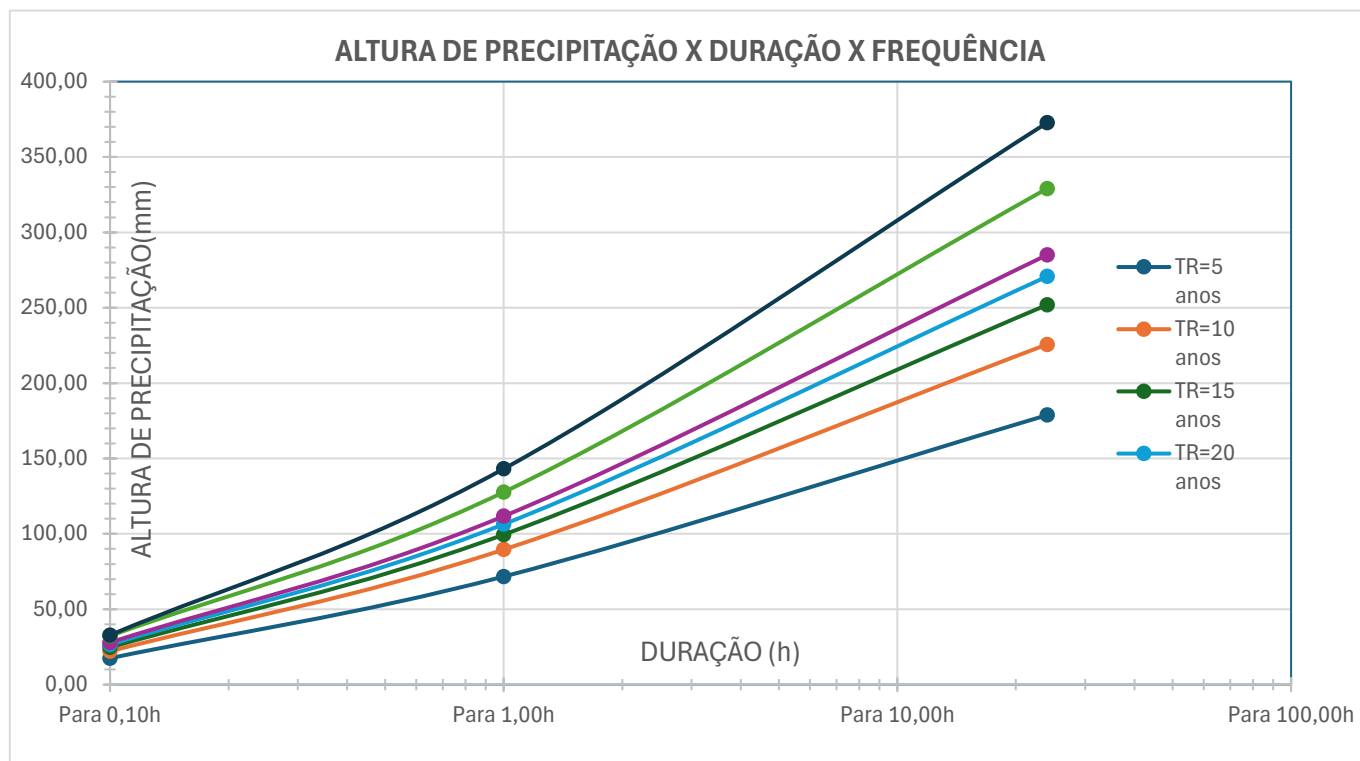
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 52 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal**



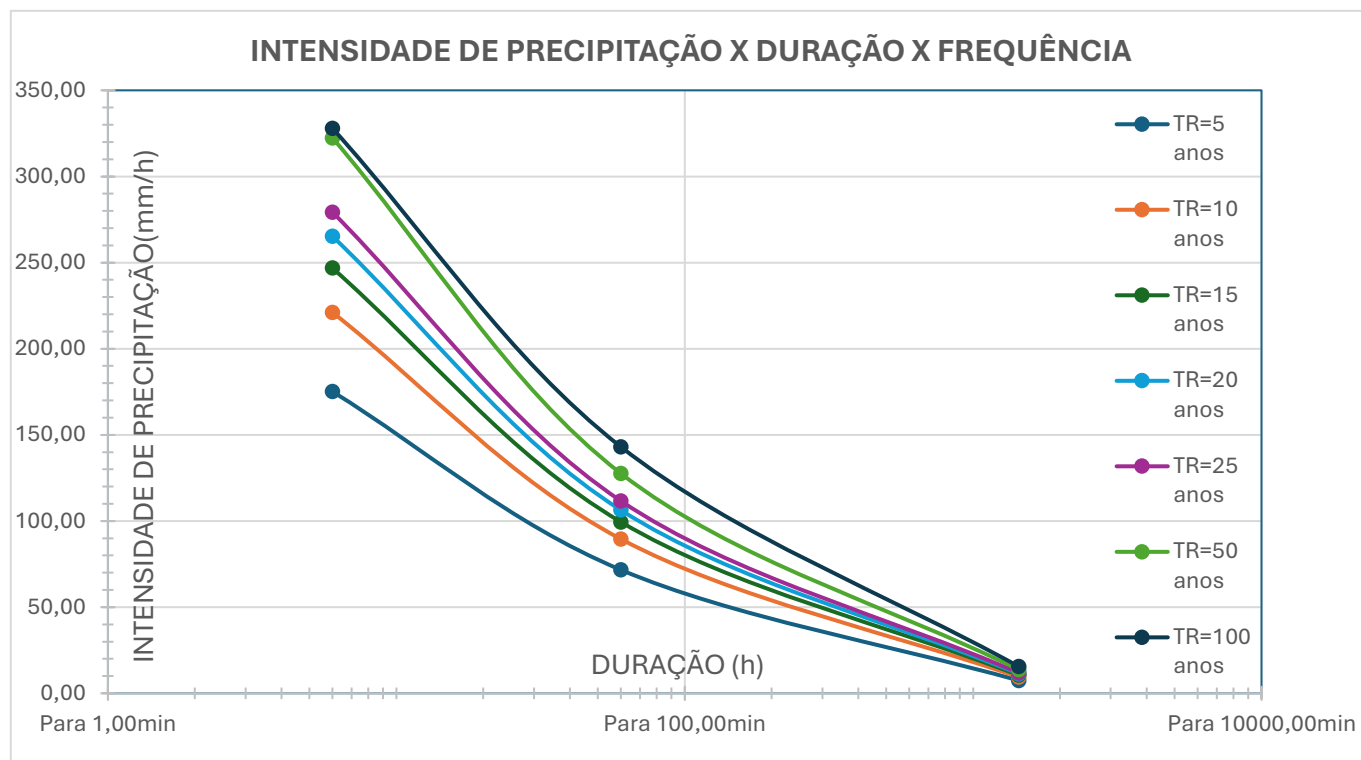
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 53 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal**



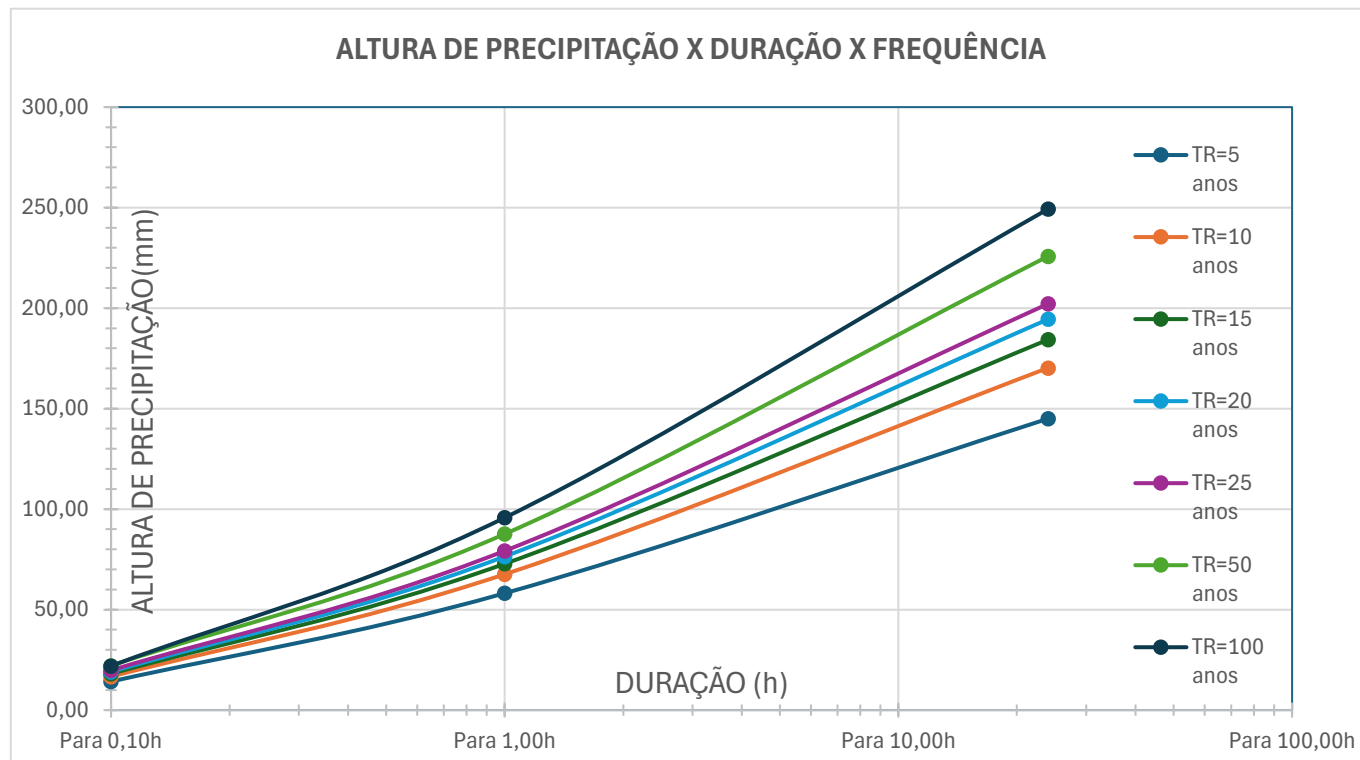
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 54 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Castanhal/PA, com base nos dados pluviométricos da estação Castanhal**



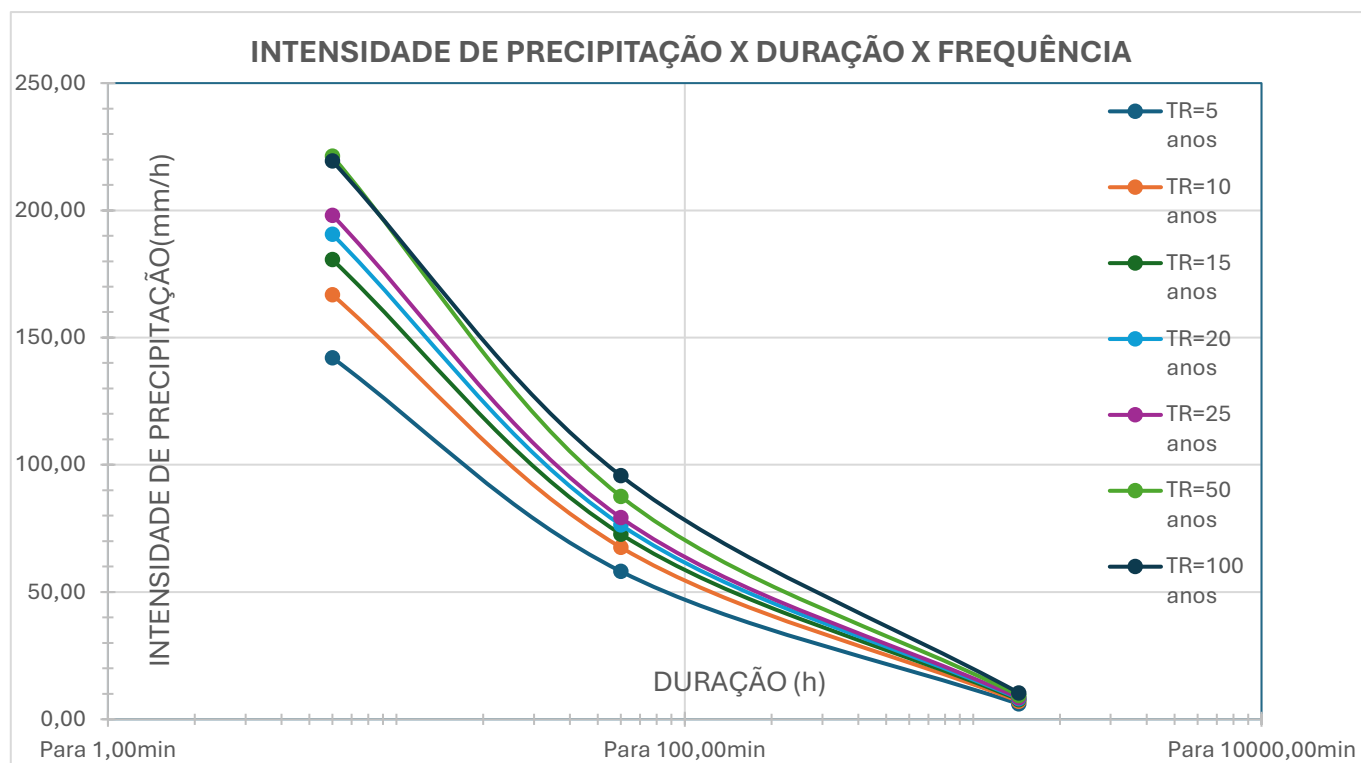
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 55 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



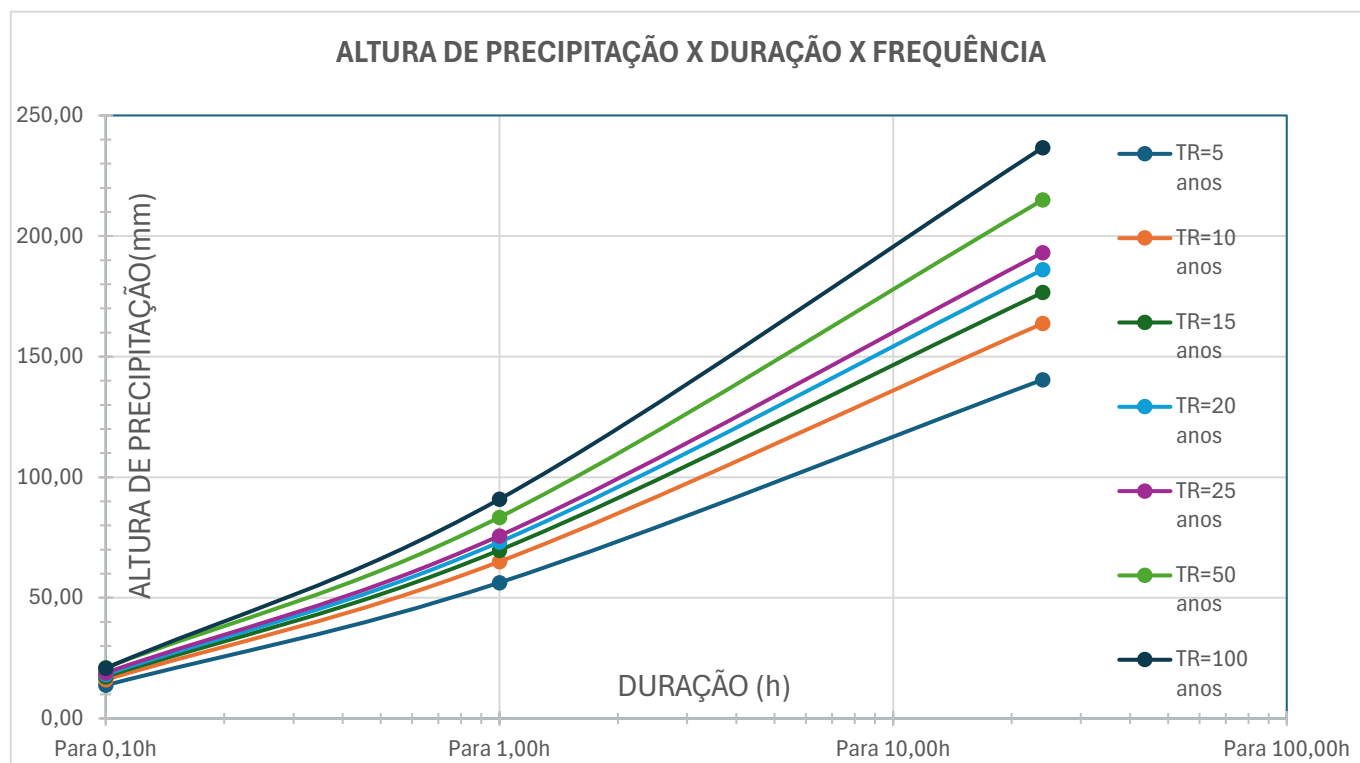
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 56 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Fortaleza /CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



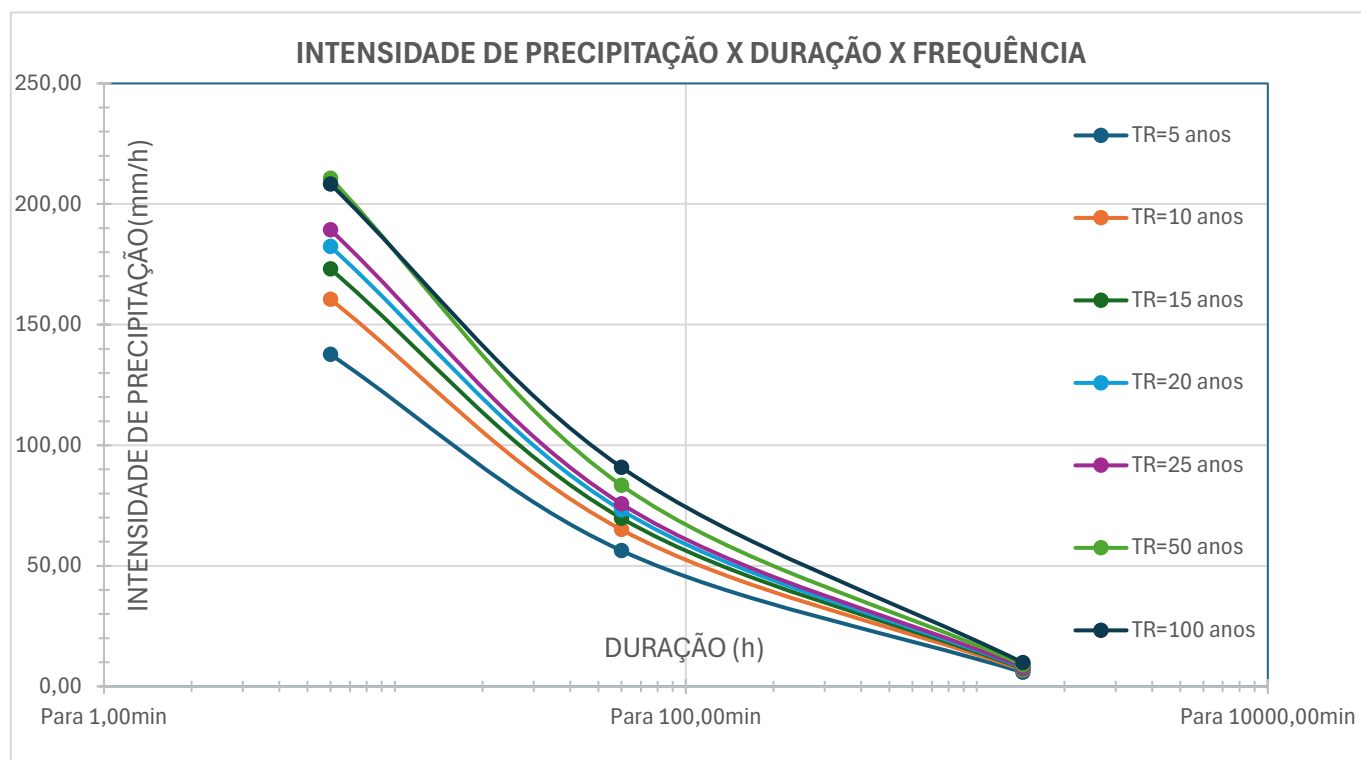
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 57 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



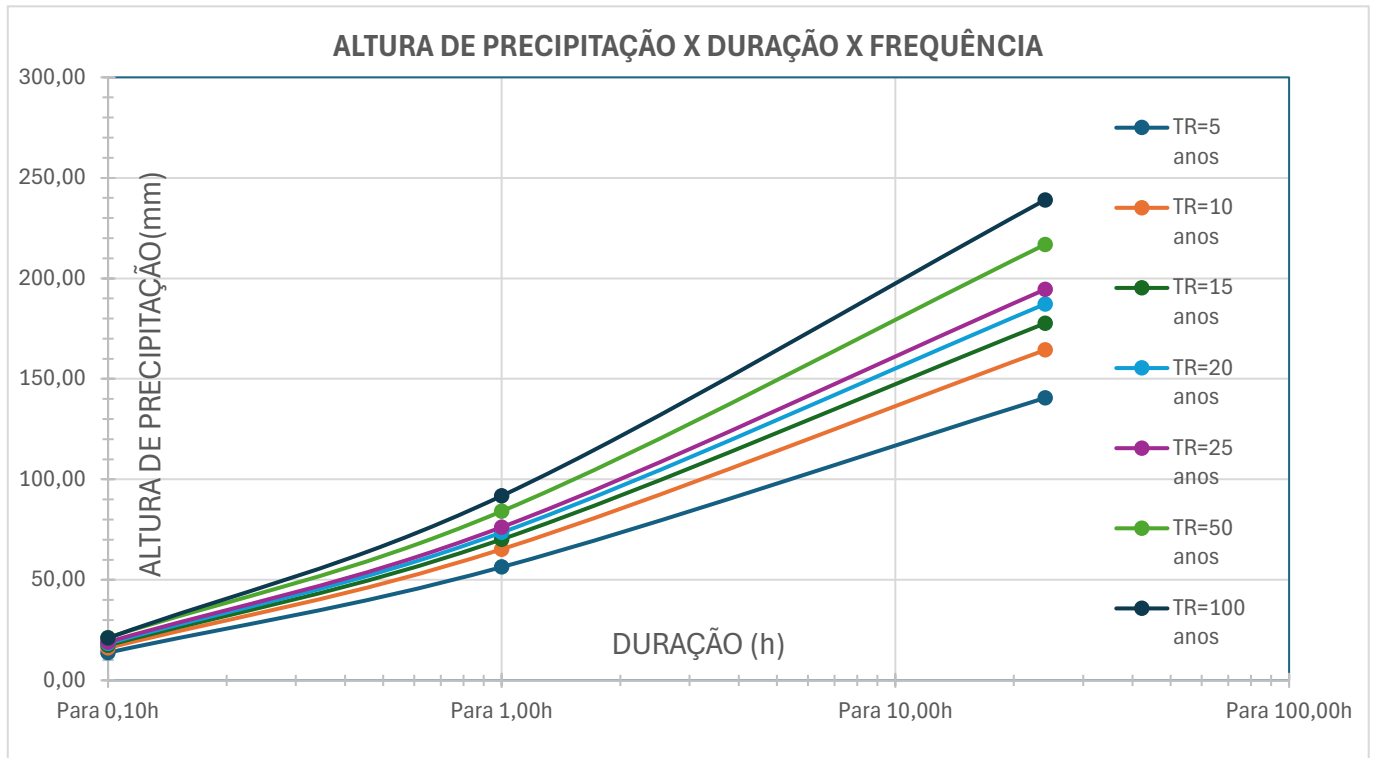
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 58 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



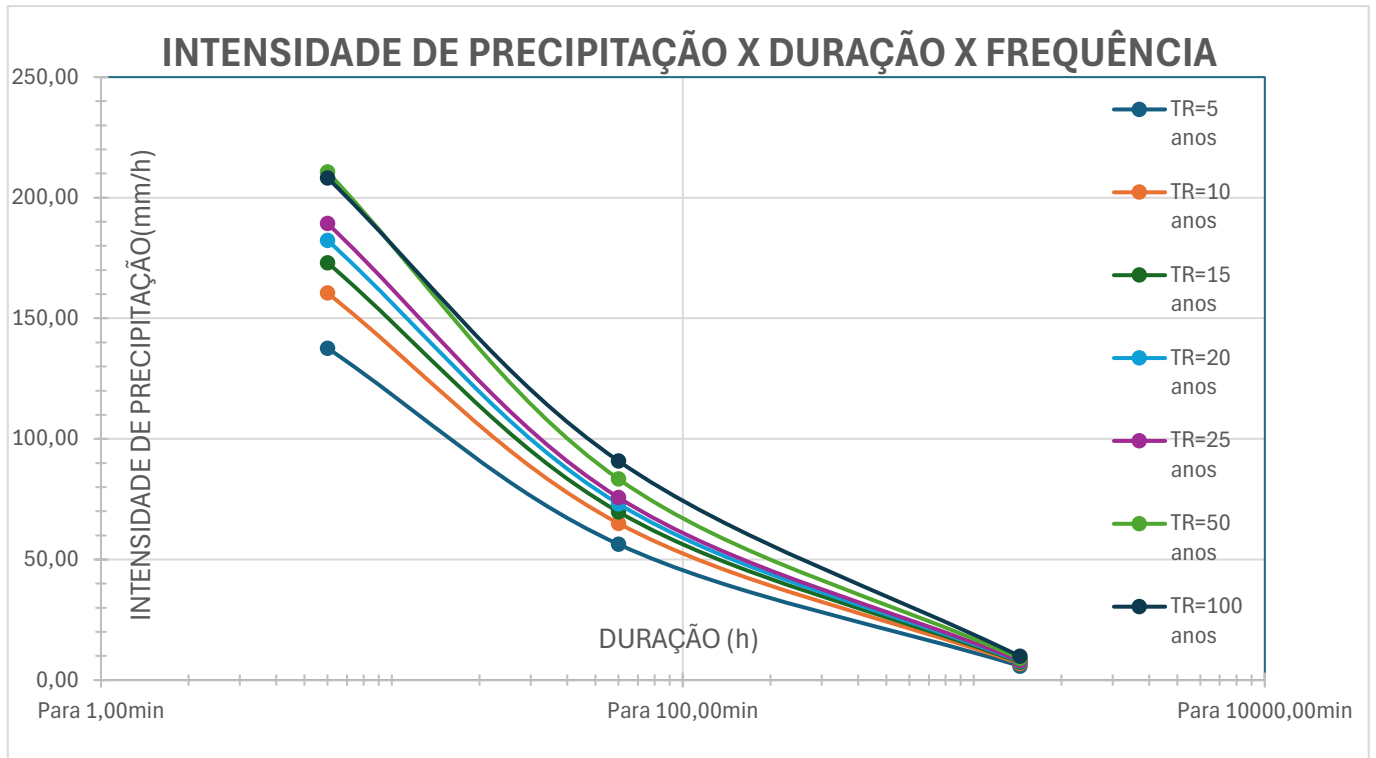
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 59 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



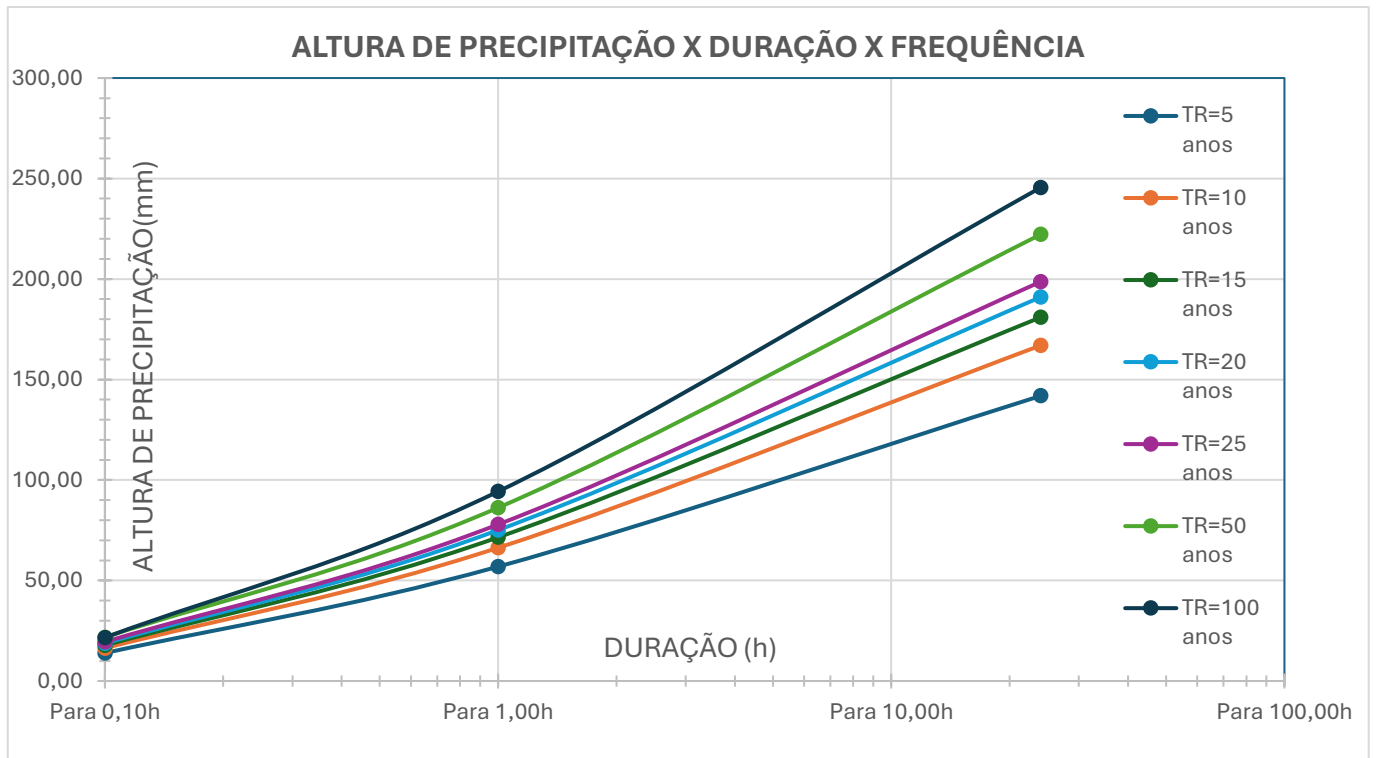
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 60 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



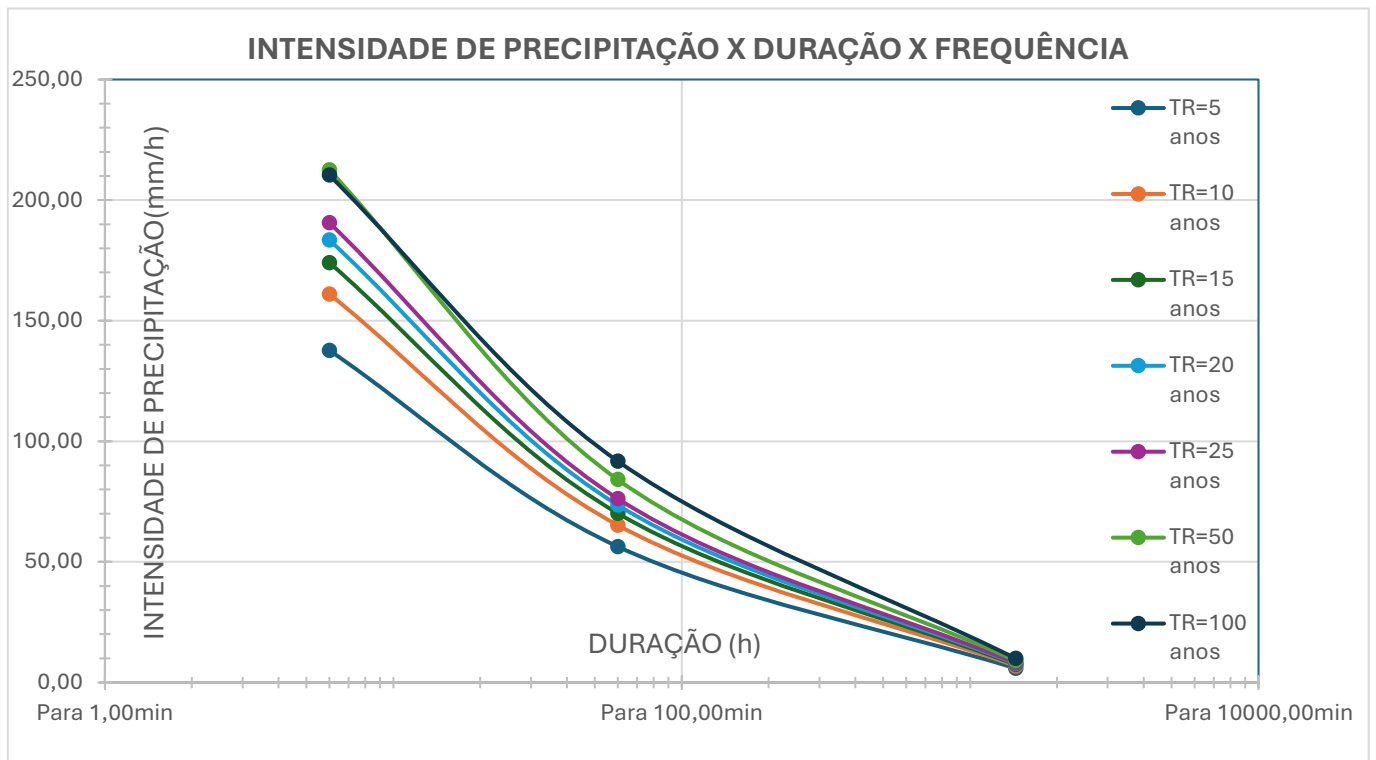
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 61 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



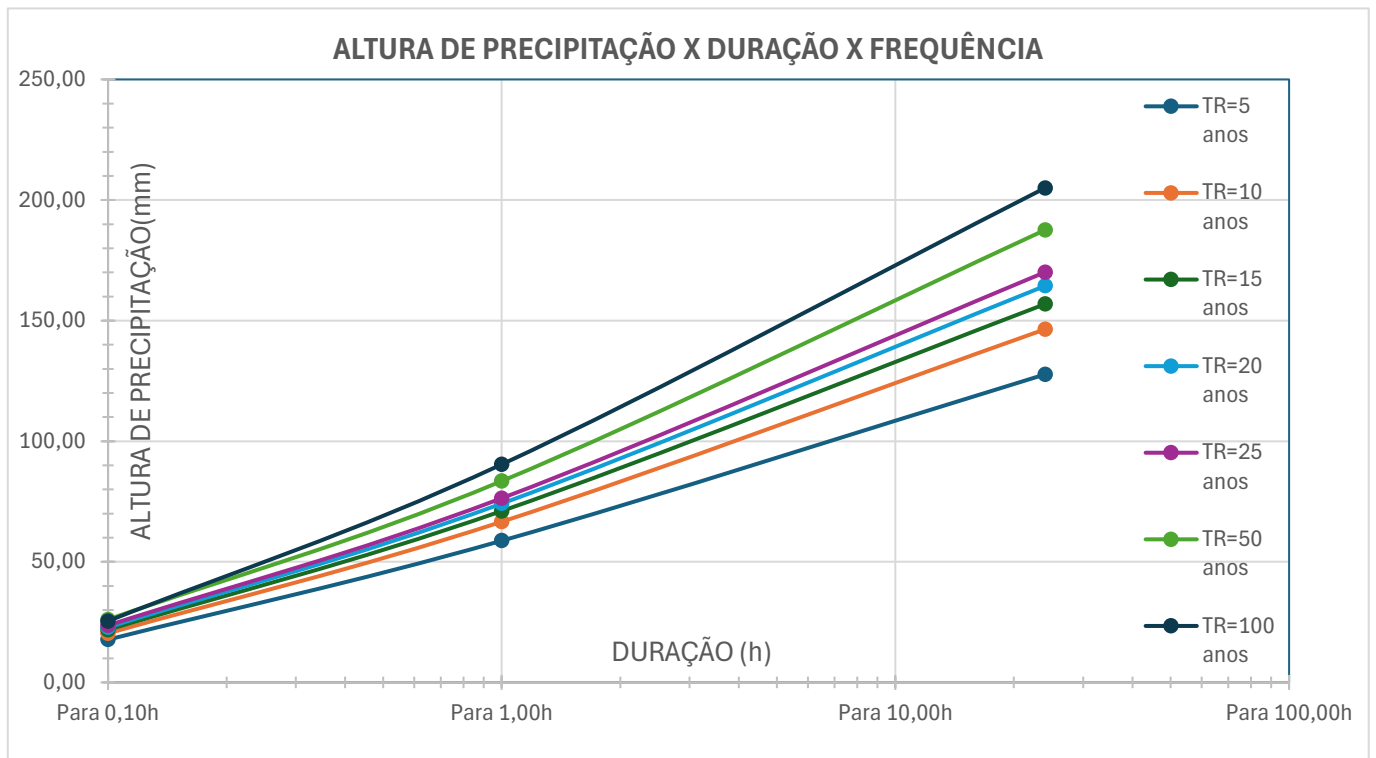
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 62 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Fortaleza/CE, com base nos dados pluviométricos da estação Pici**



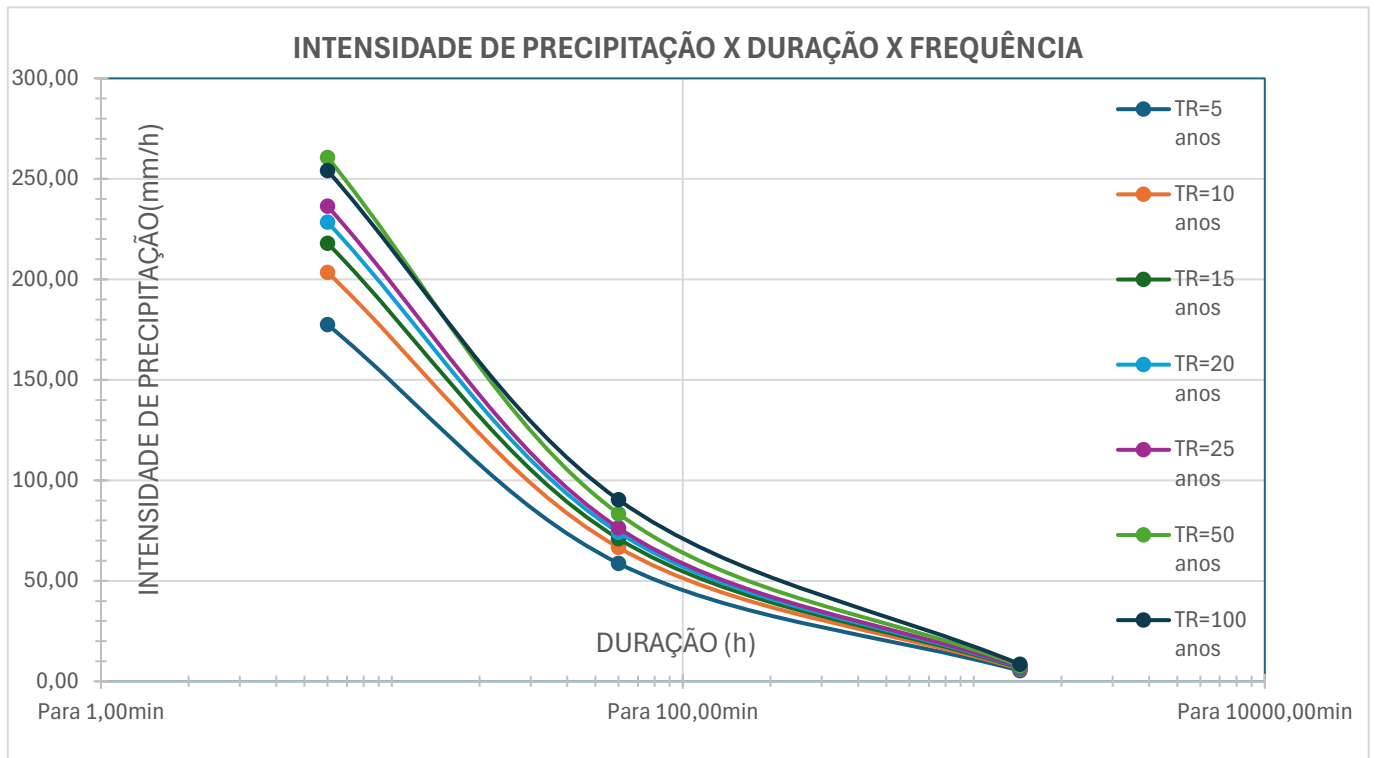
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 63 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



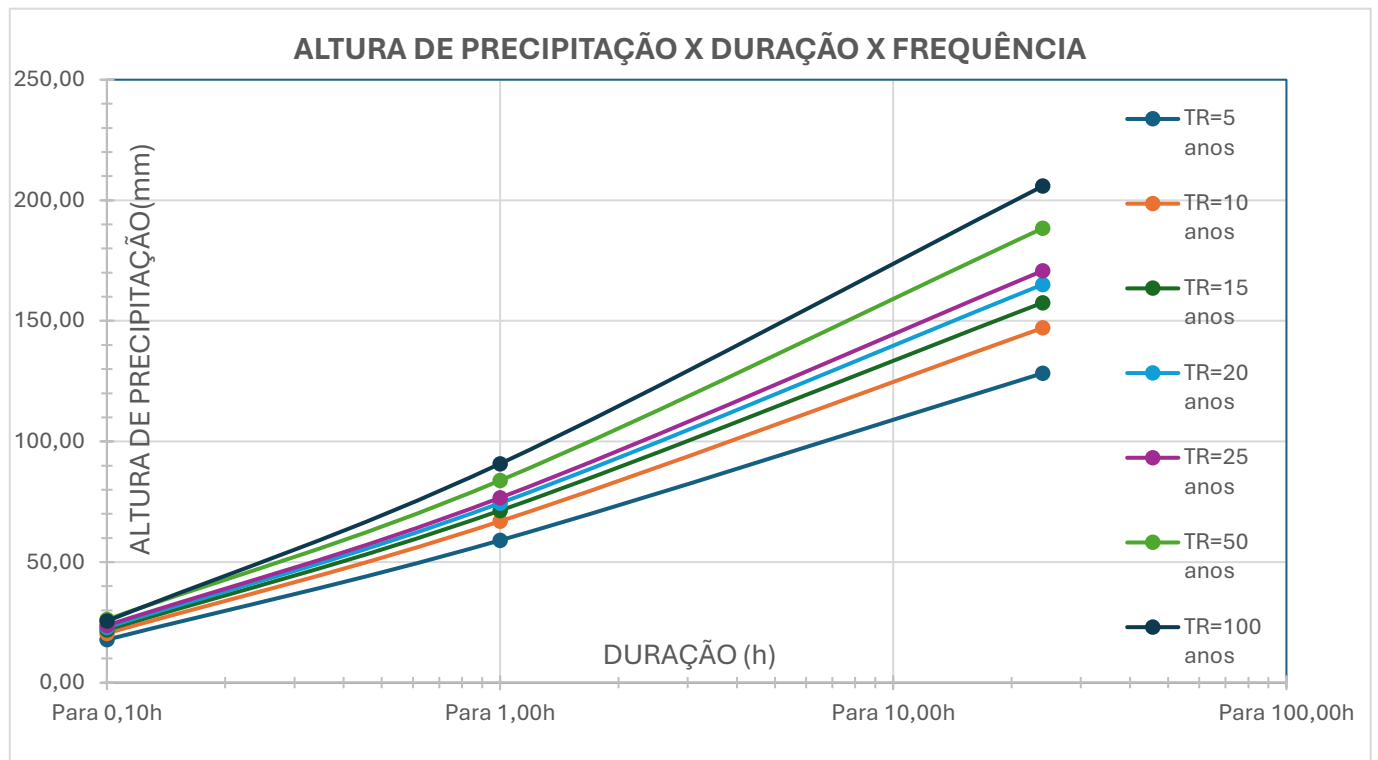
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 64 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



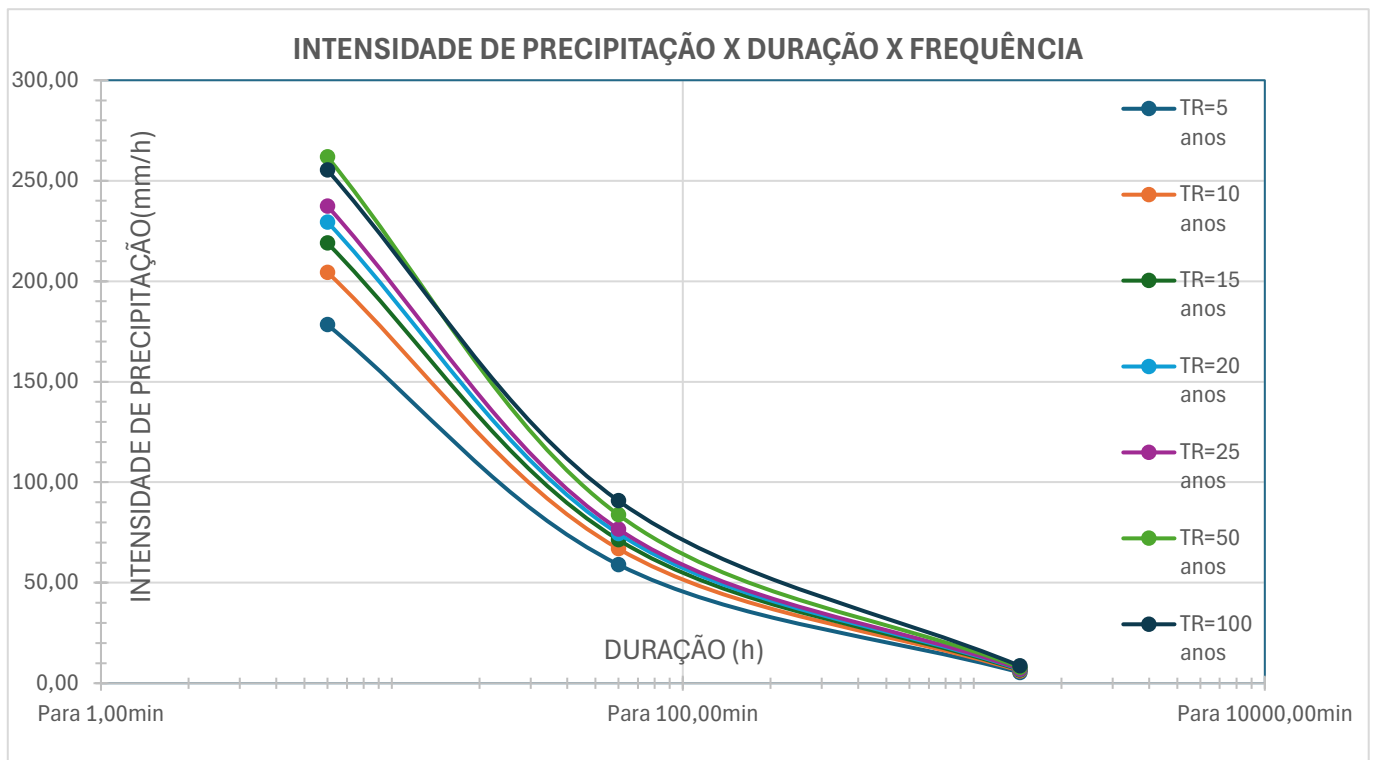
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 65 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



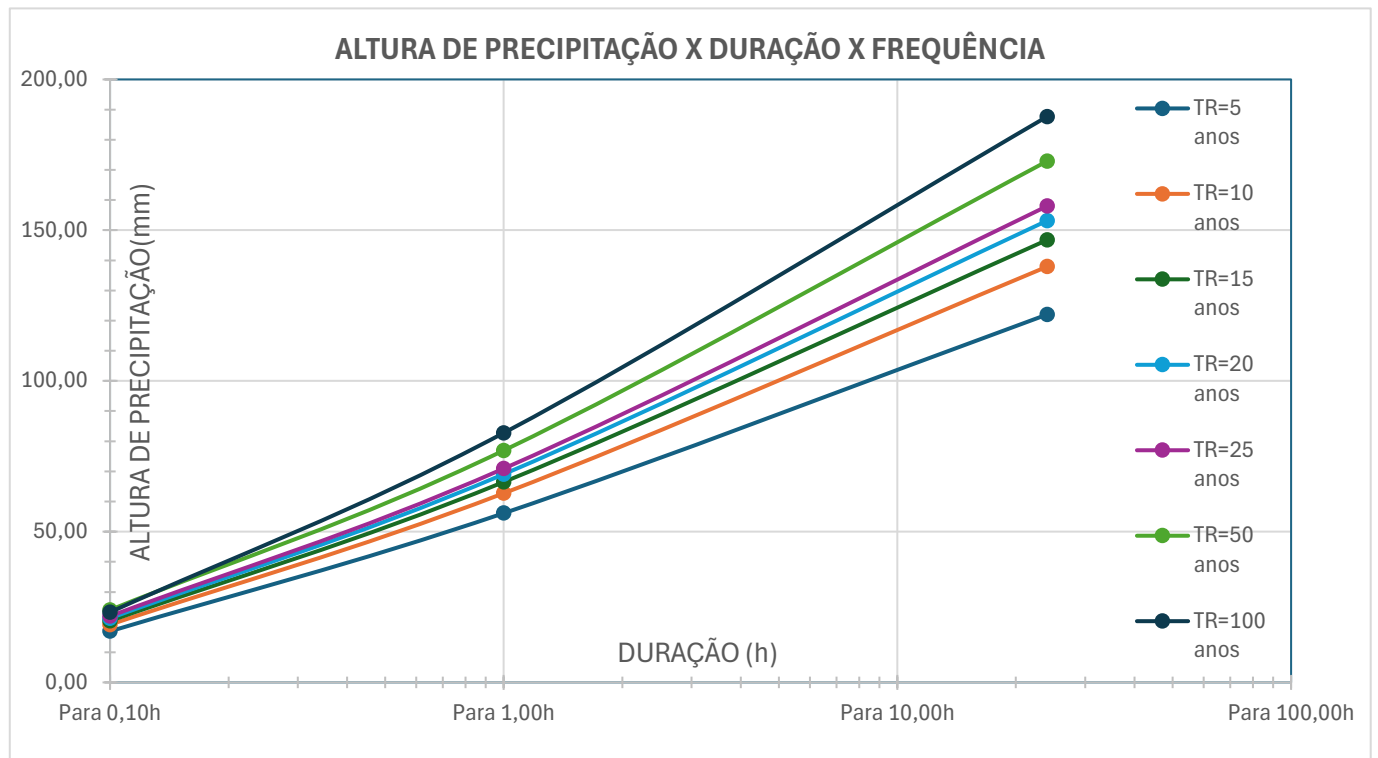
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 66 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



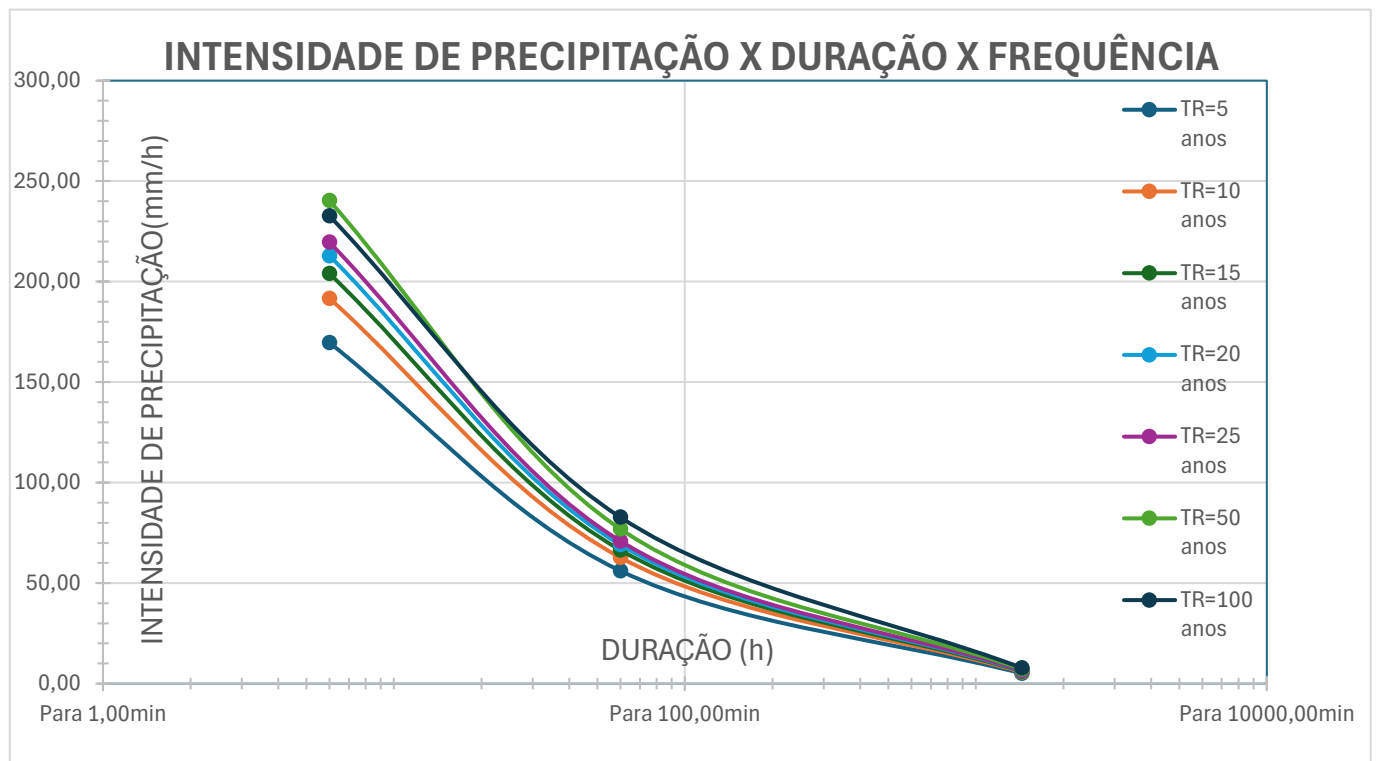
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 67 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



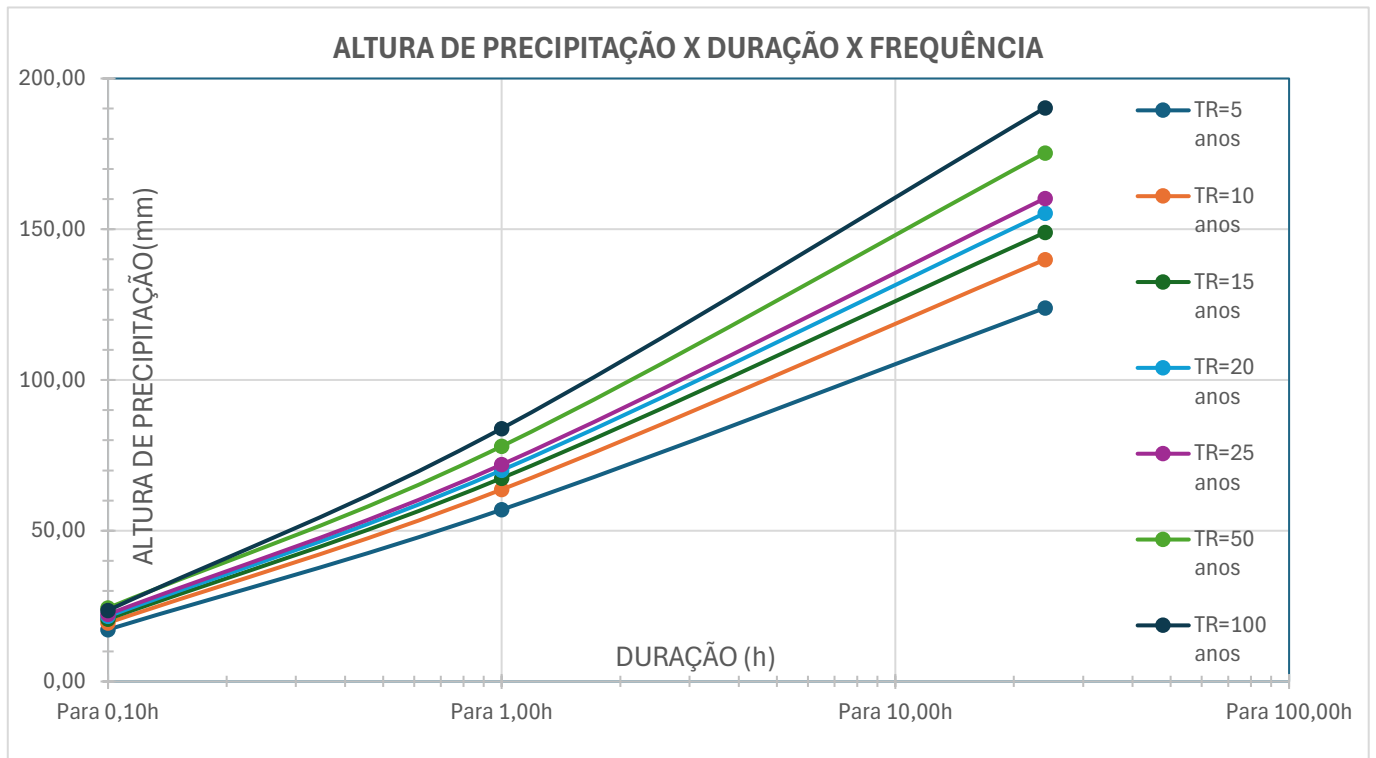
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 68 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



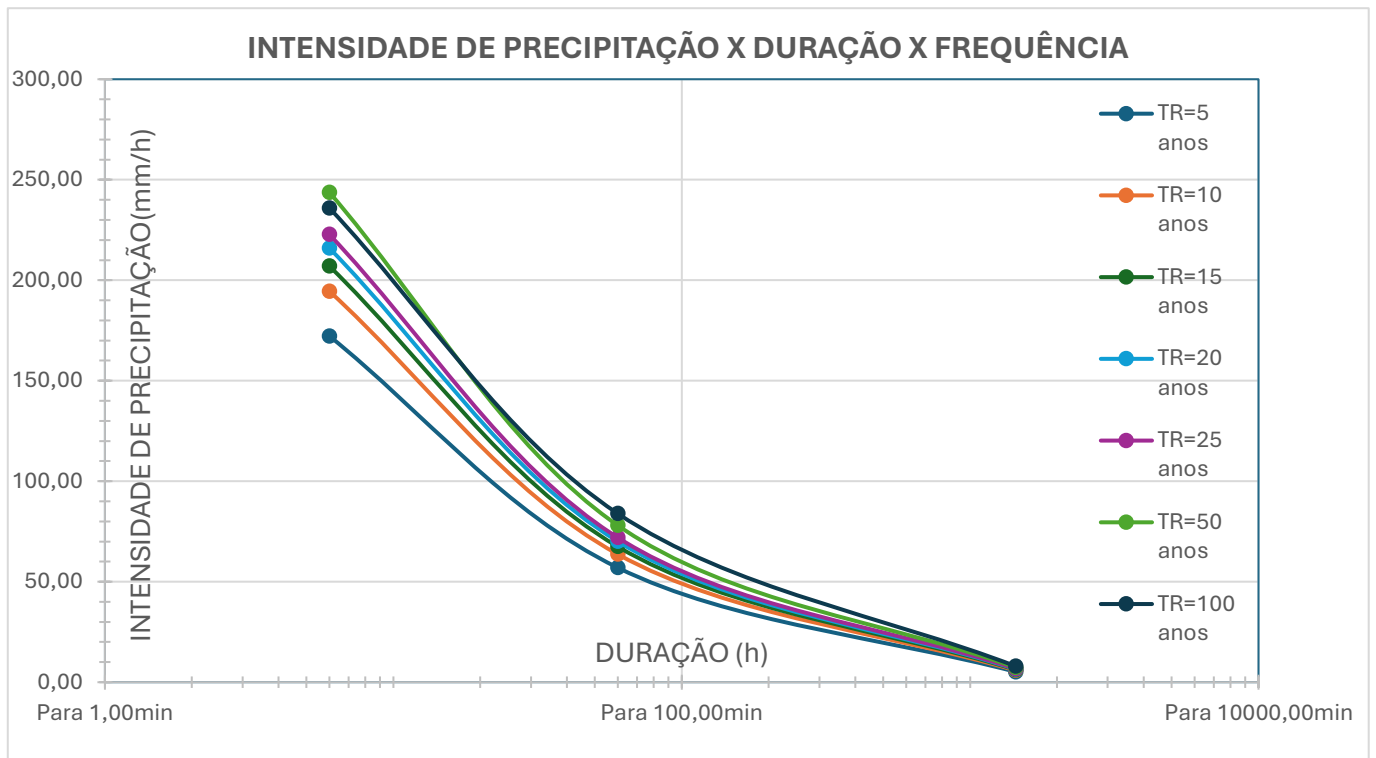
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 69 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



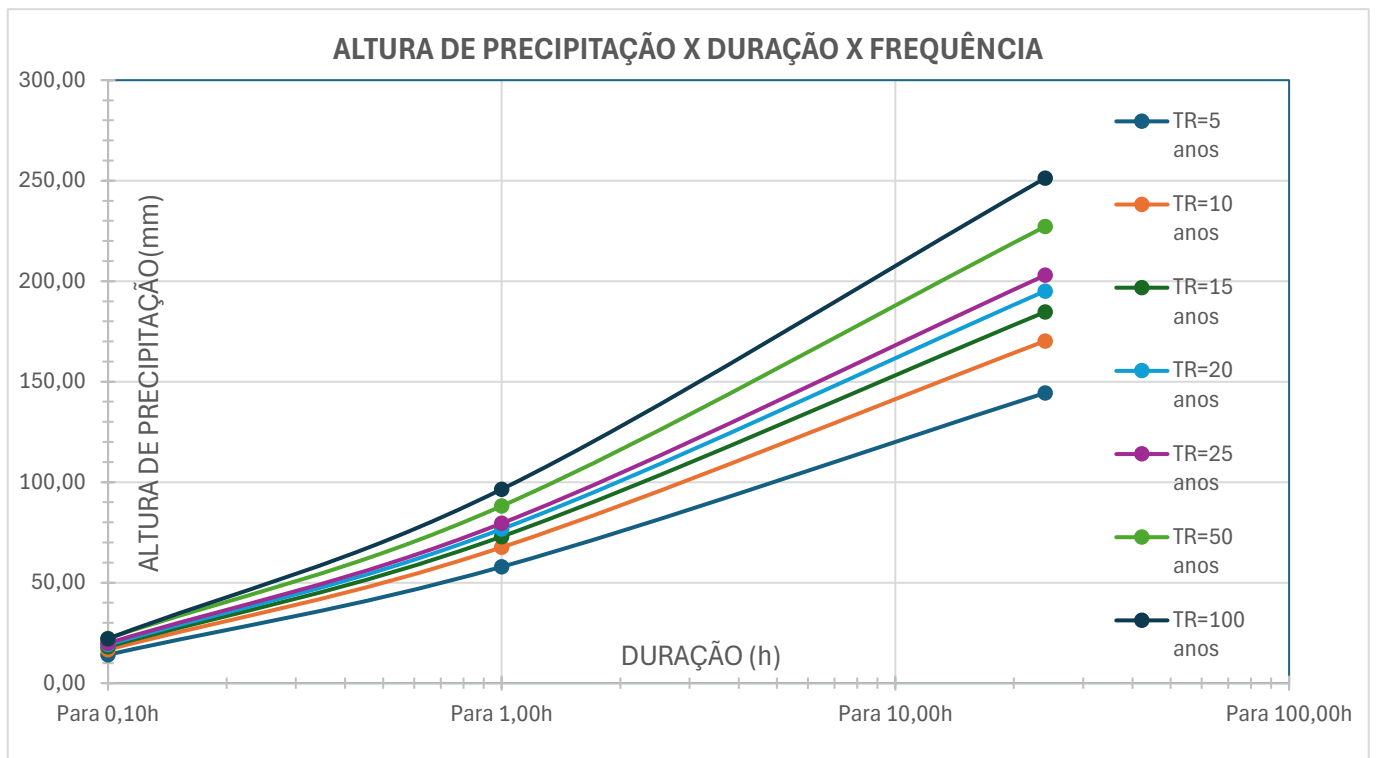
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 70 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Terenos/MS, com base nos dados pluviométricos da estação Jaraguá**



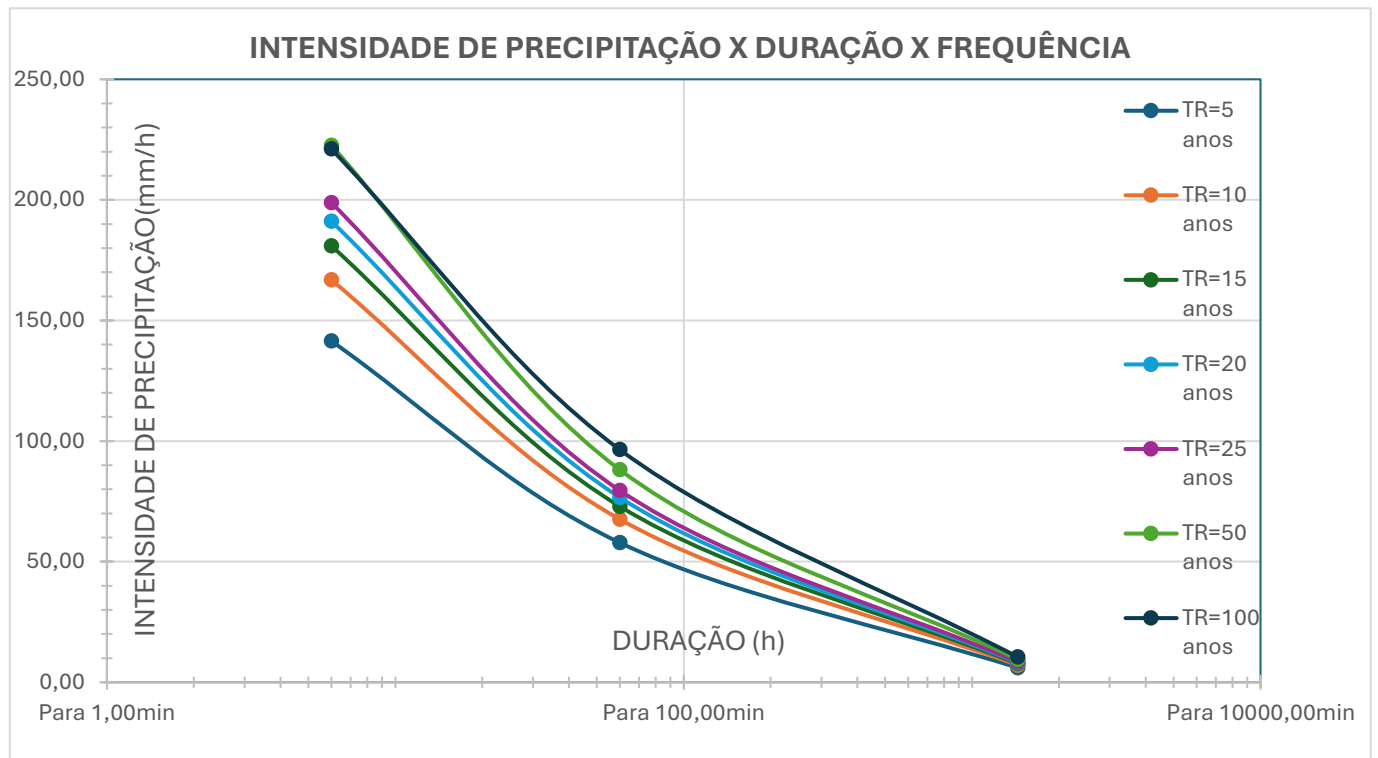
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 71 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



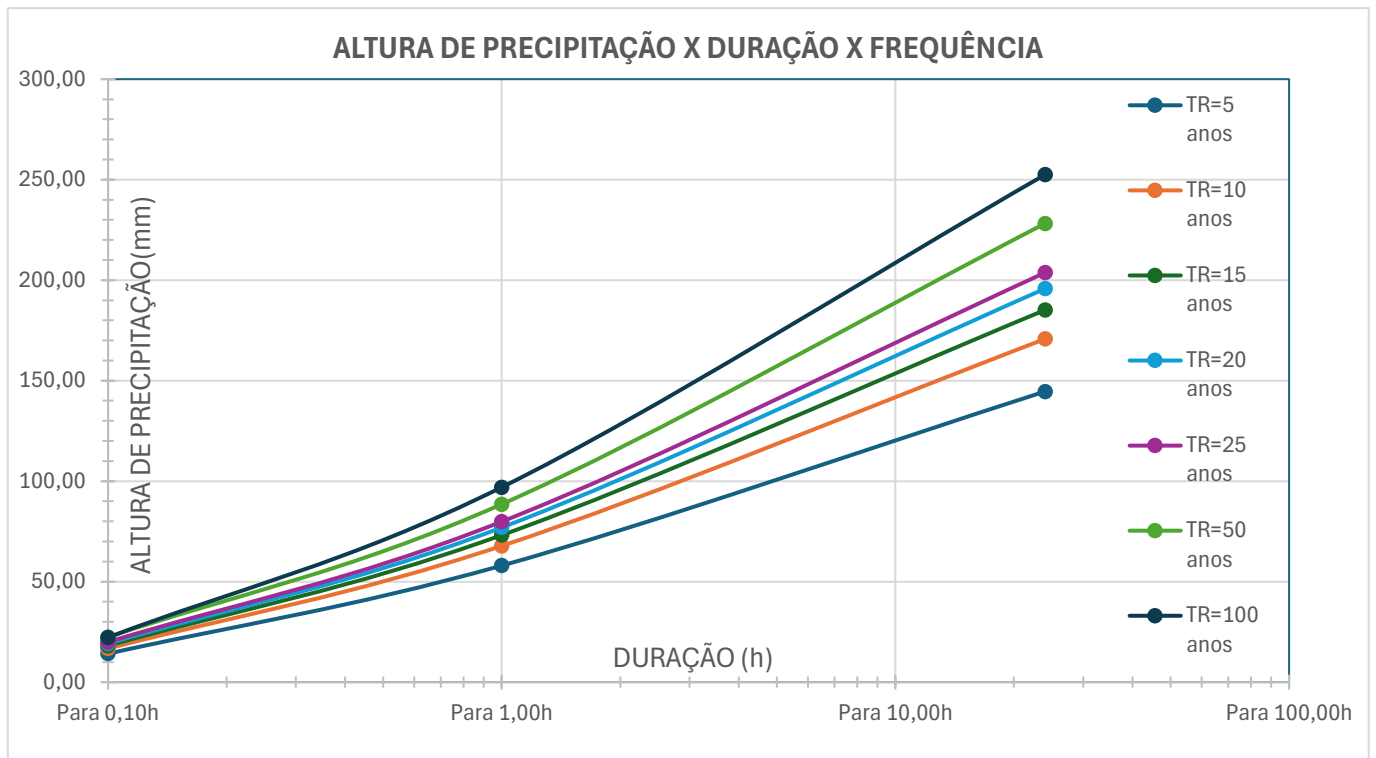
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 72 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



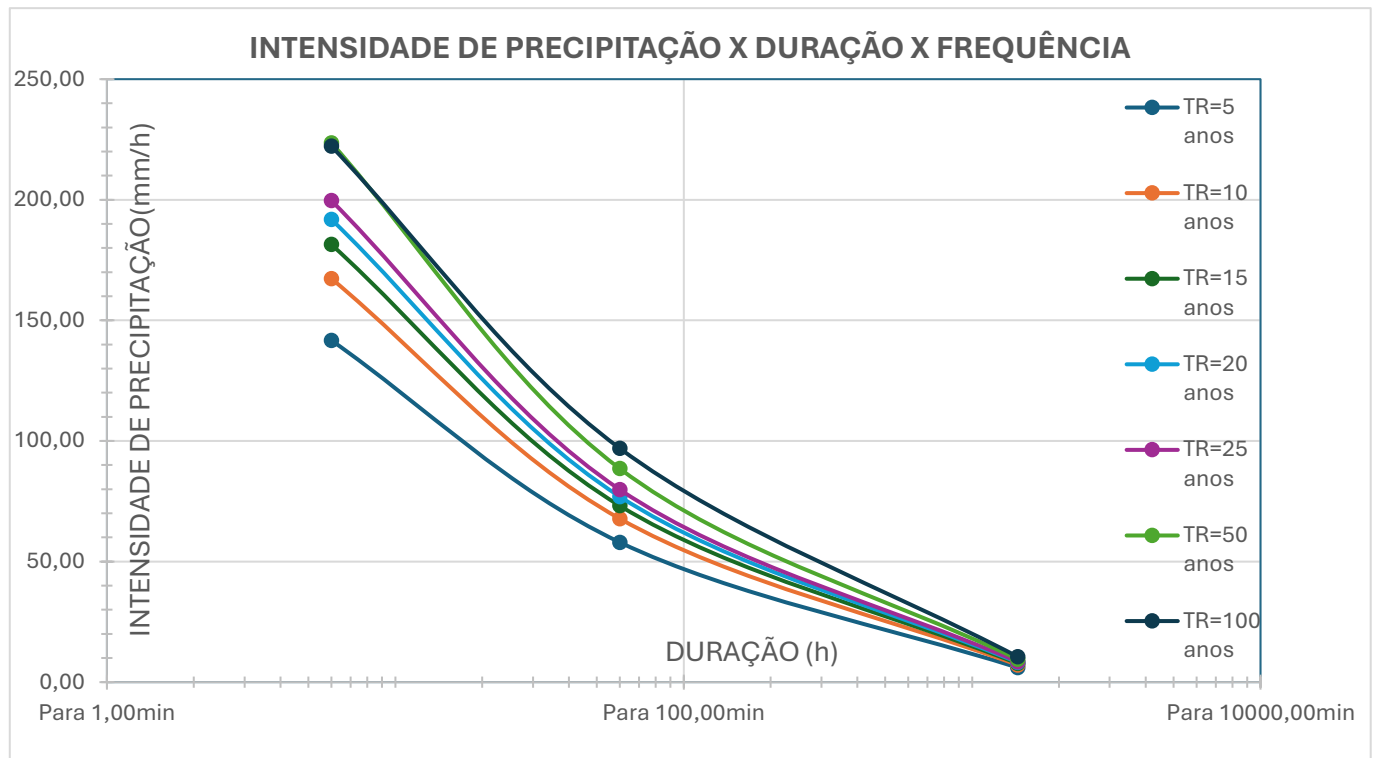
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 73 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



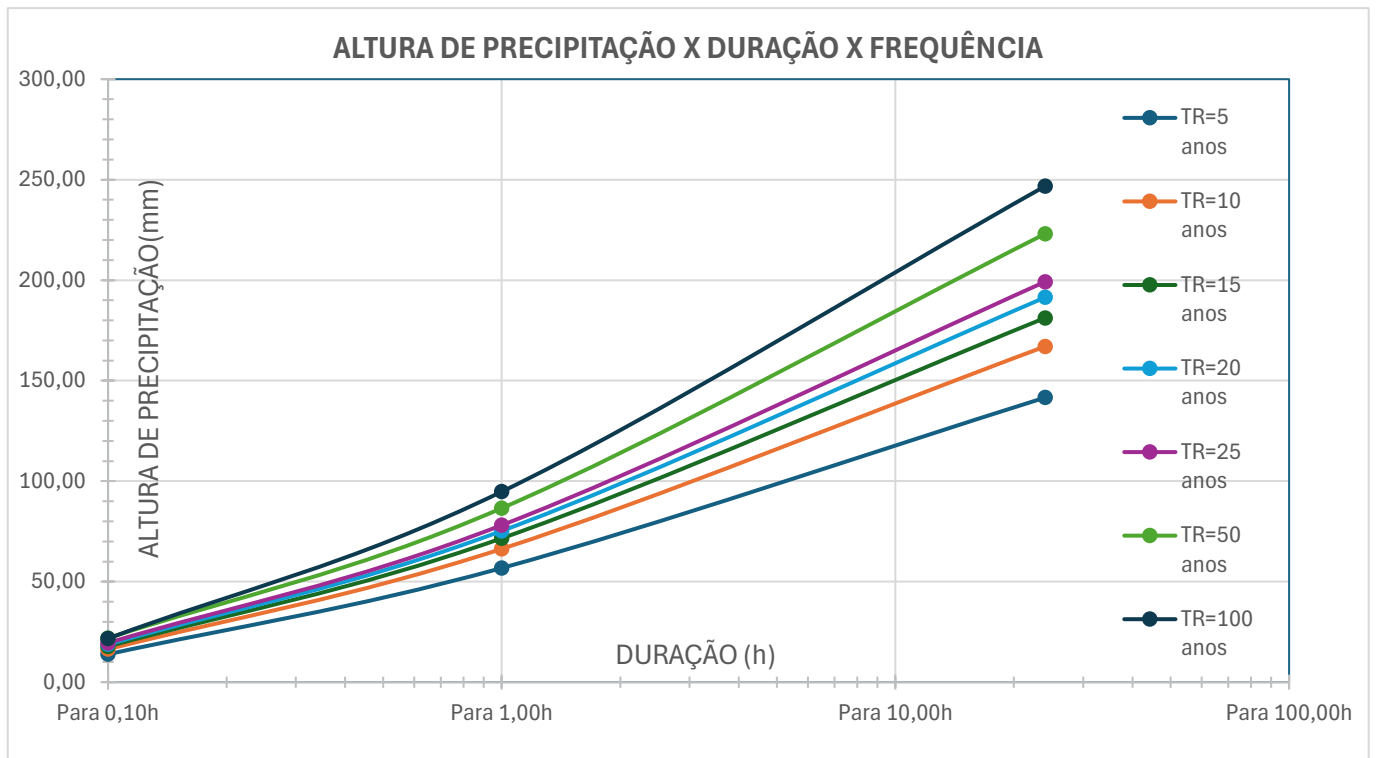
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 74 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



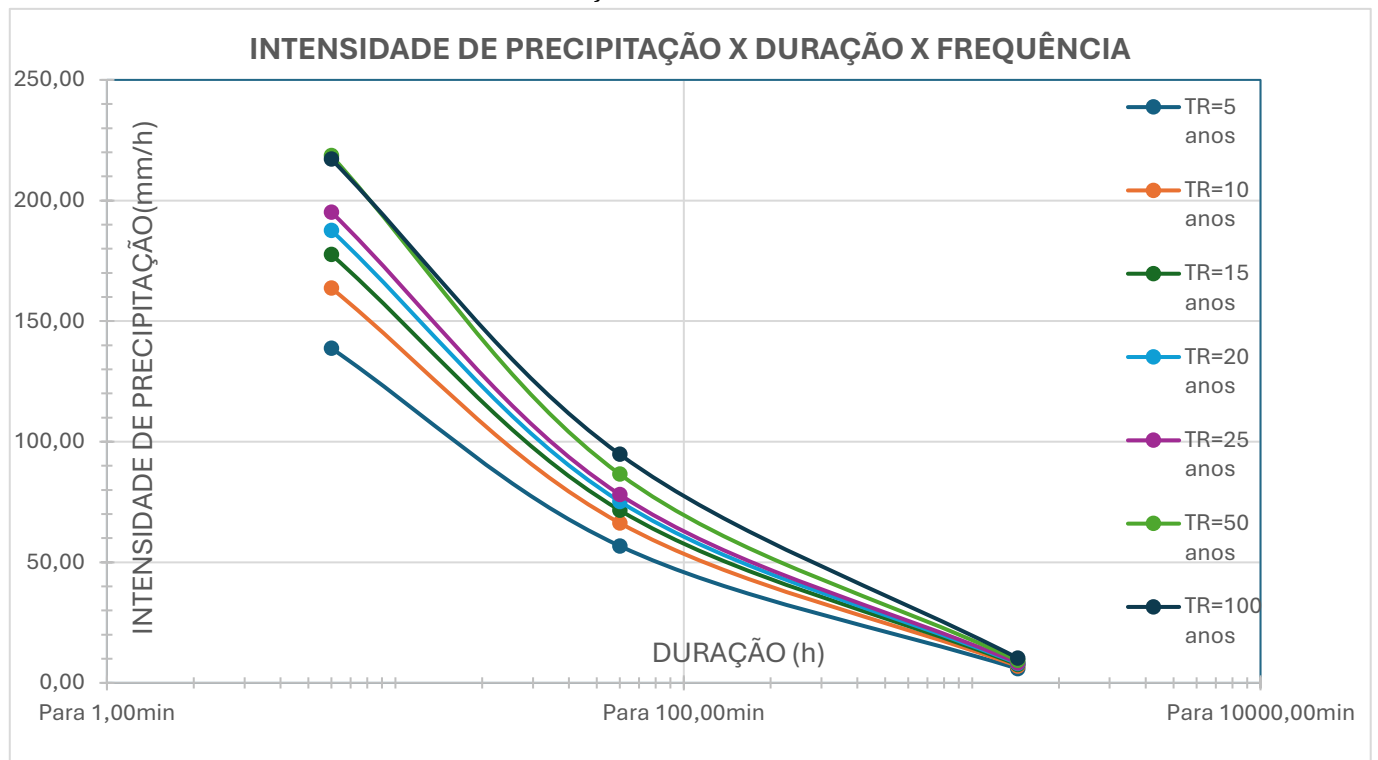
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 75 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



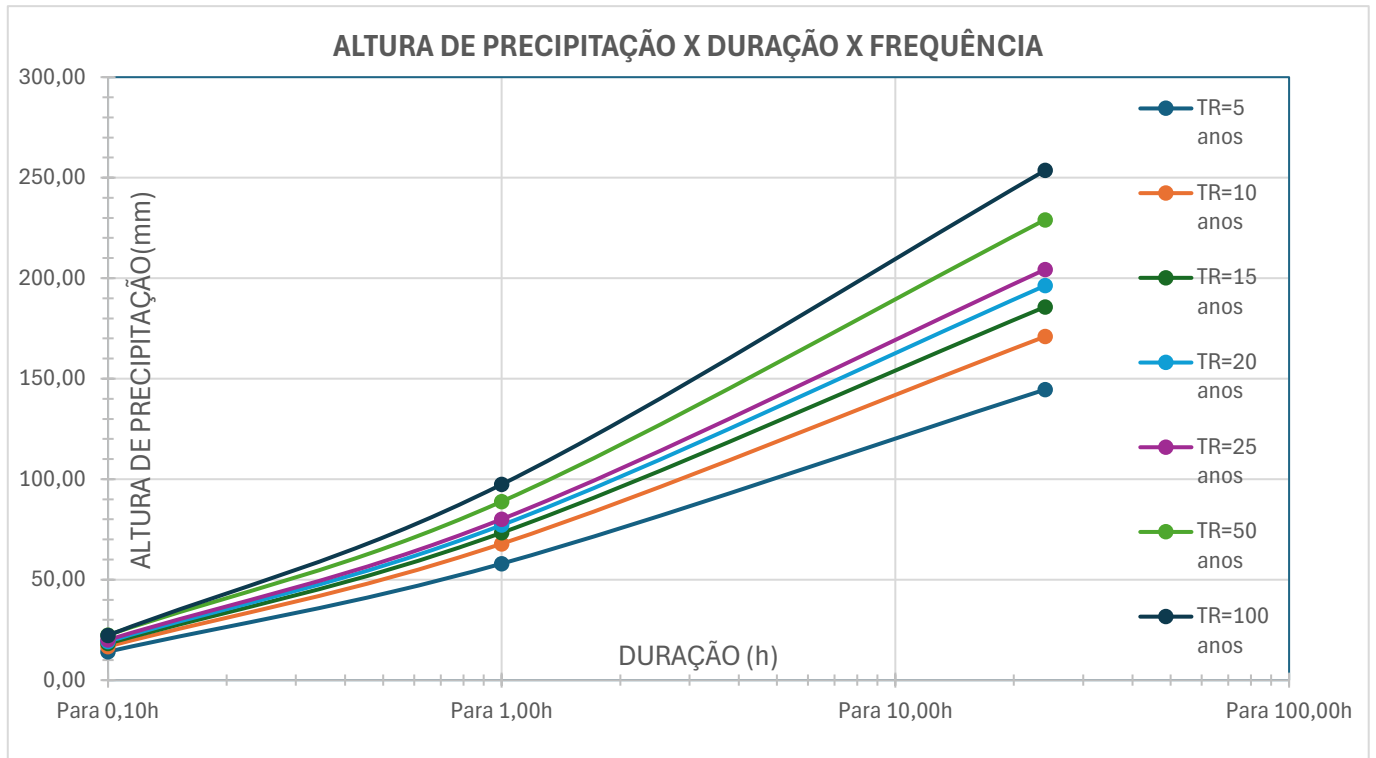
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 76 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



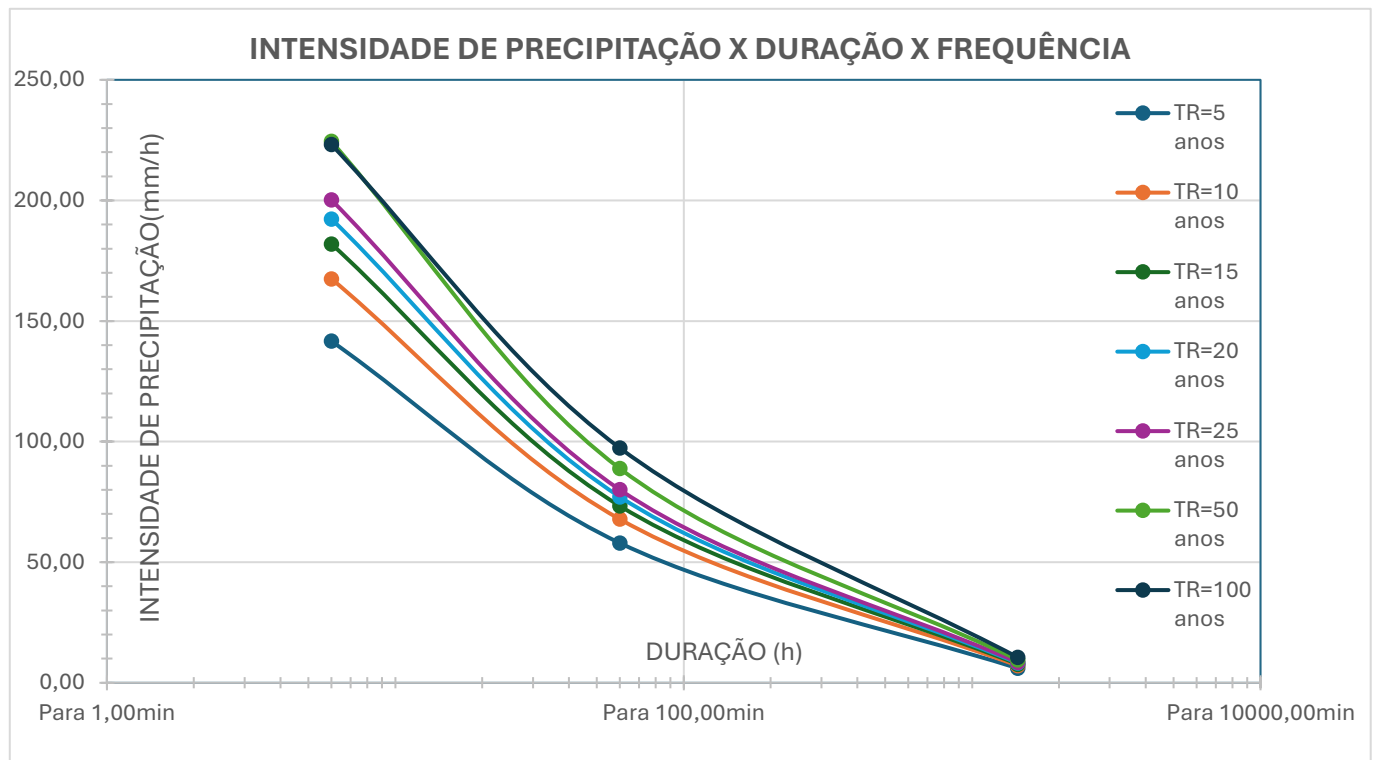
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 77 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



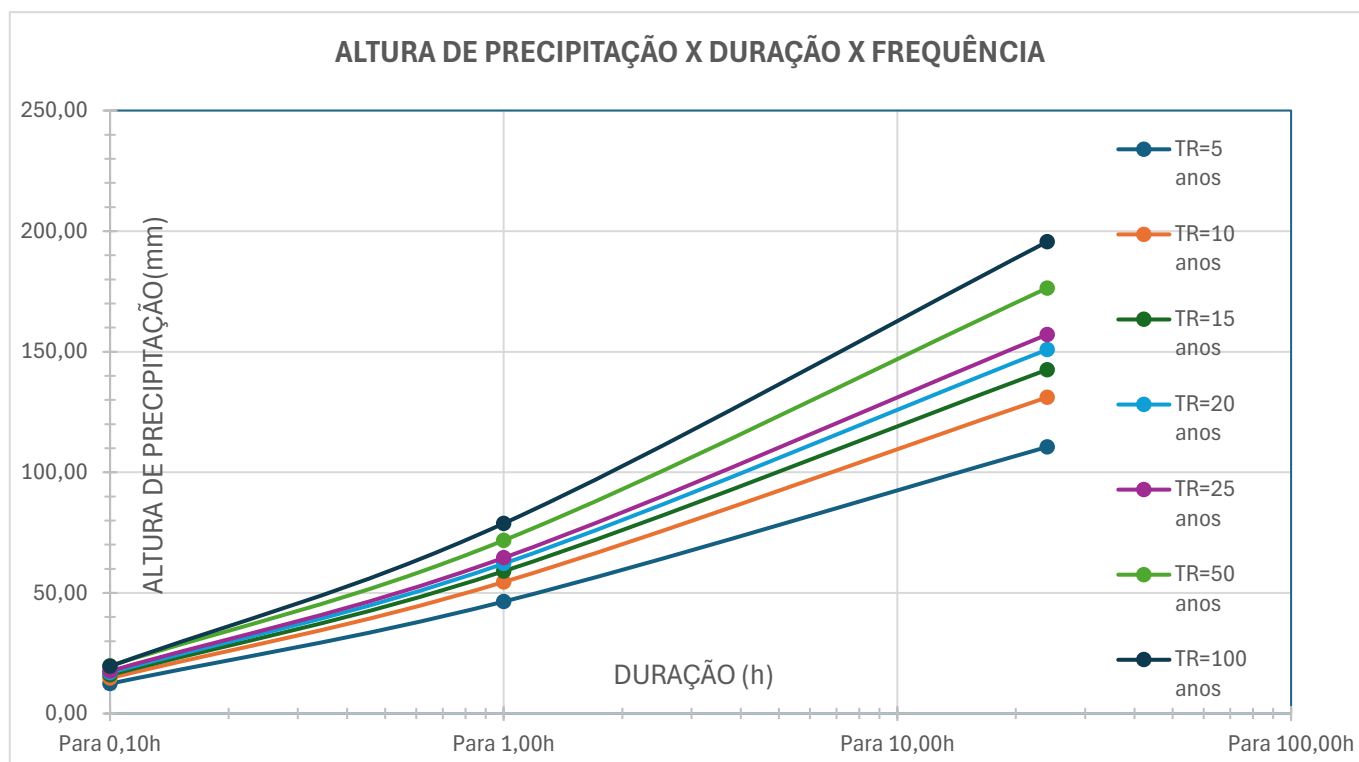
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 78 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Belo Horizonte/MG, com base nos dados pluviométricos da estação Caixa de Areia**



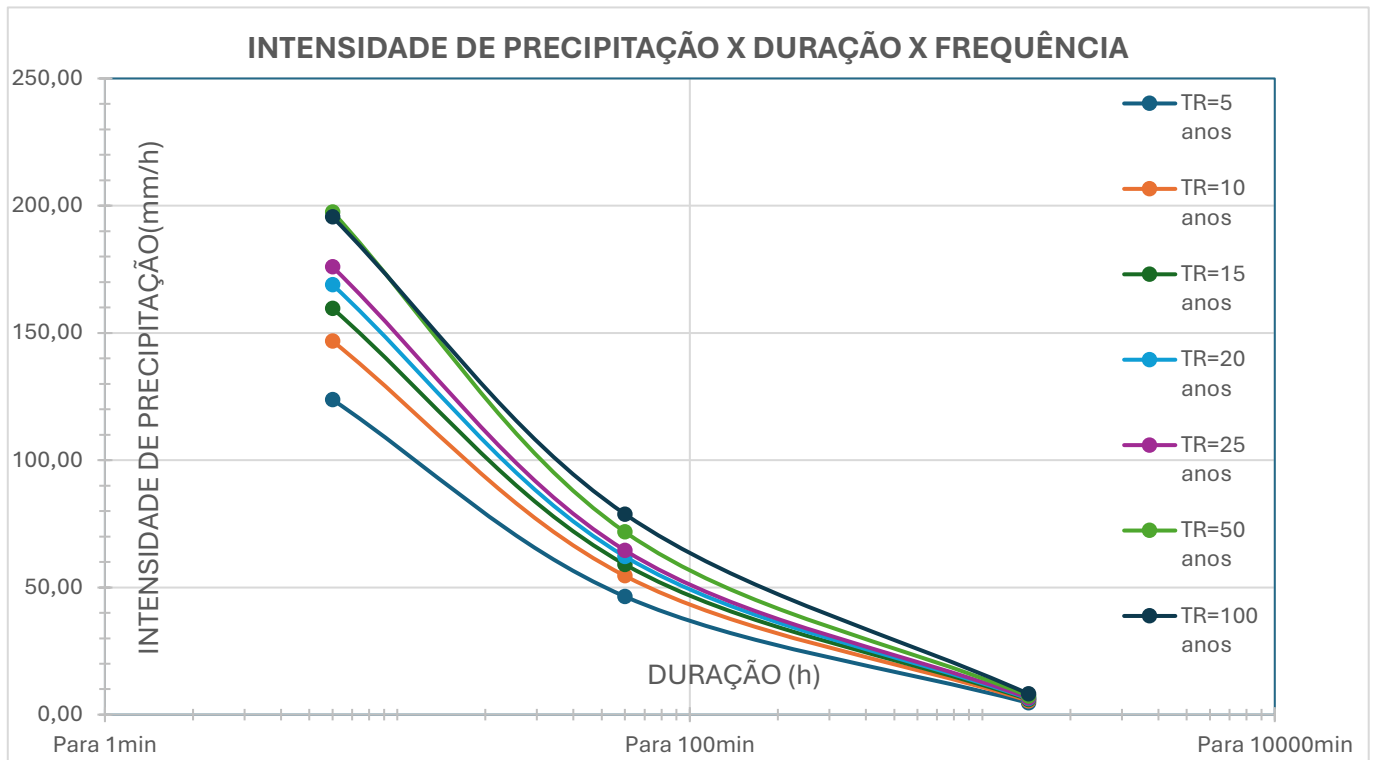
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 79 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**



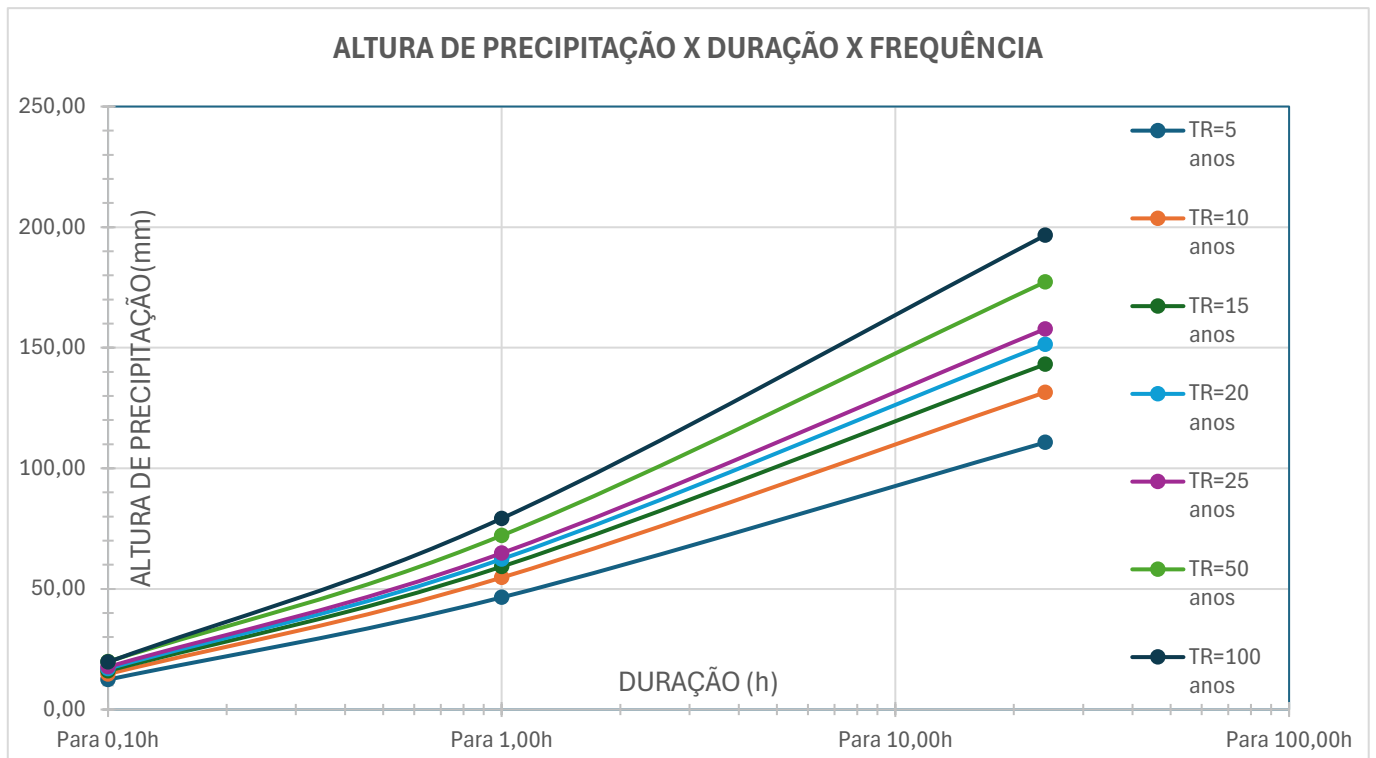
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 80 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 1 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**



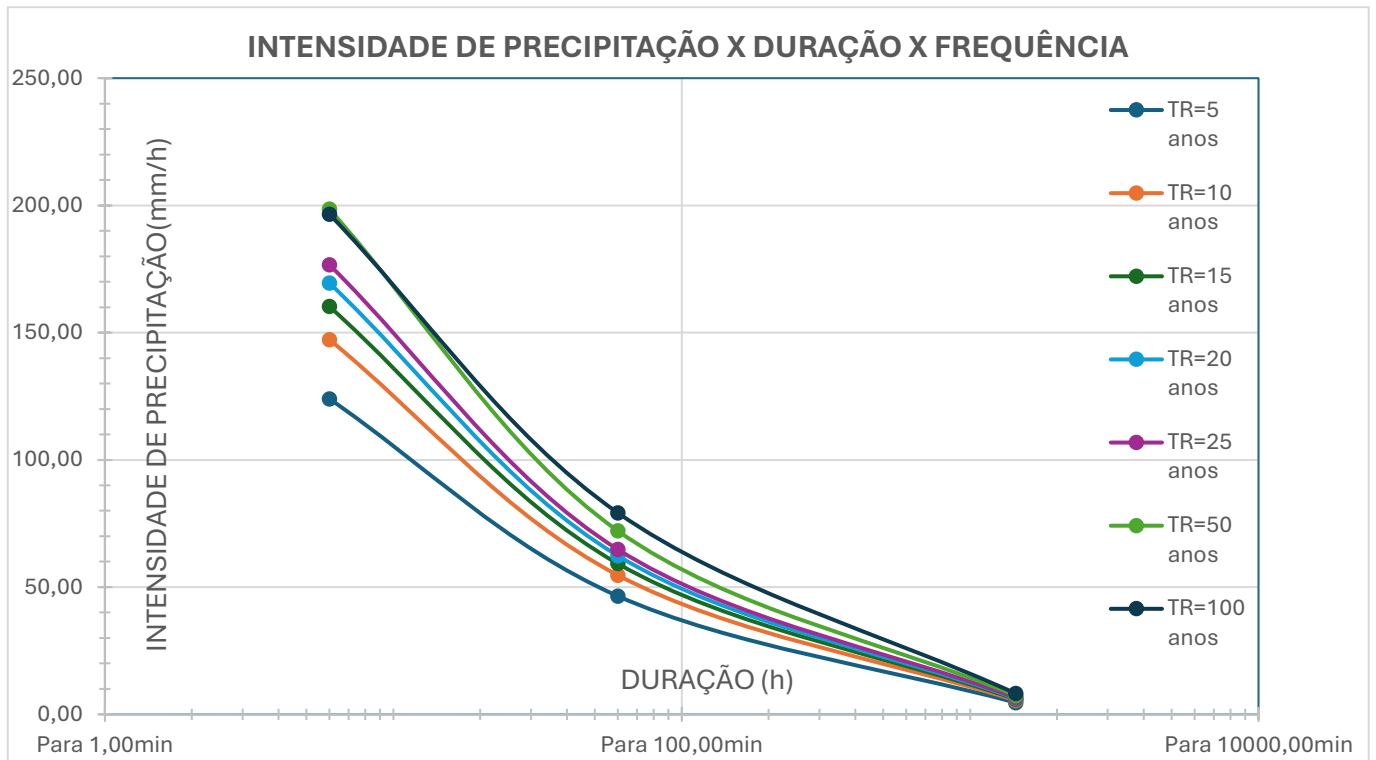
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 81 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**



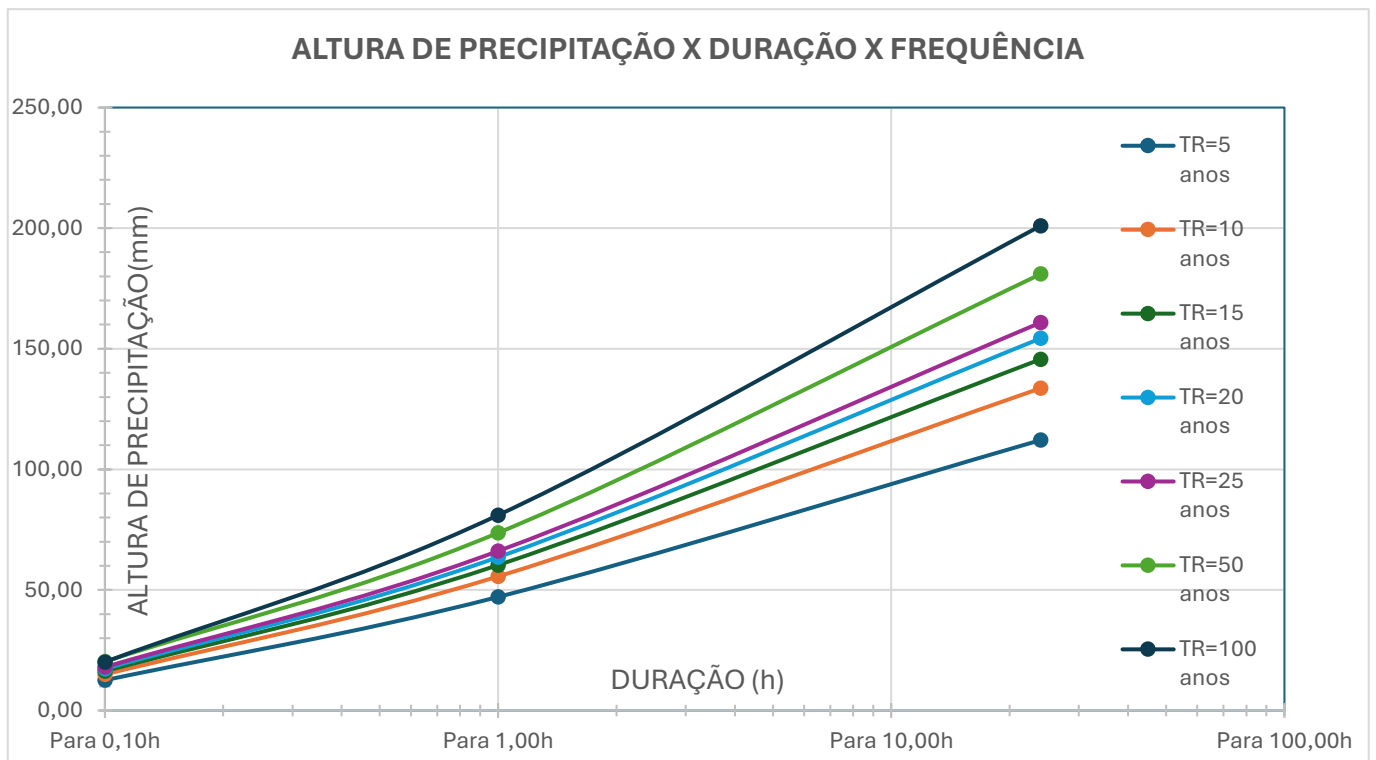
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 82 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 2 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**

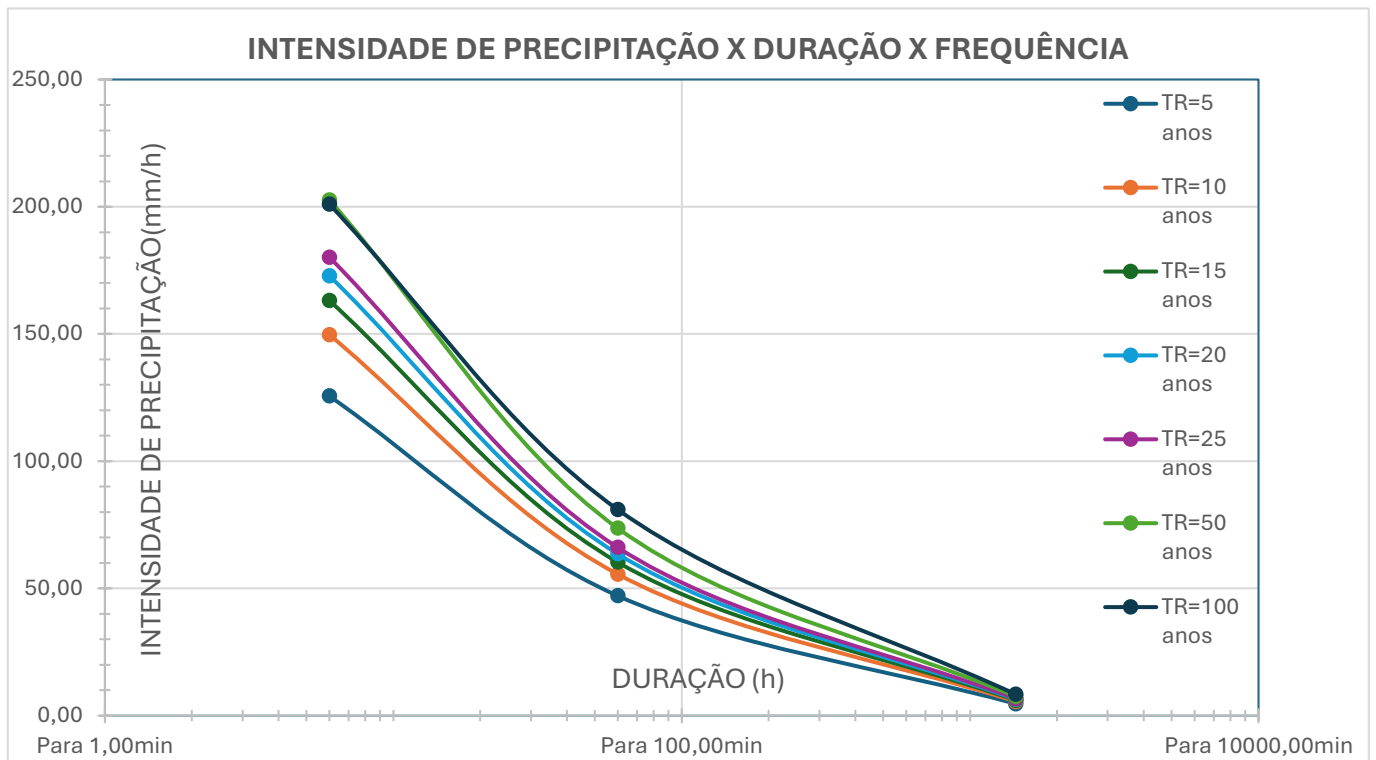


Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 83 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**

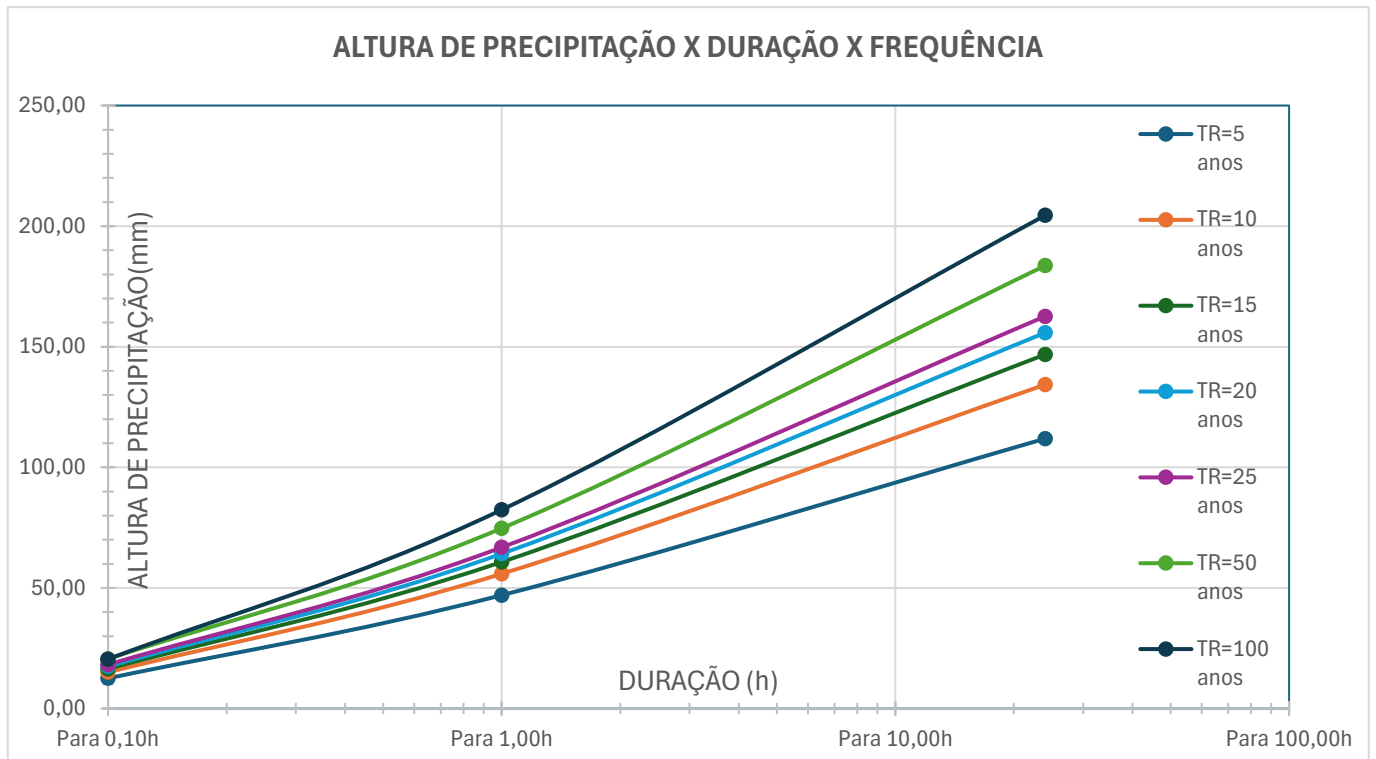


**Figura 84 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 3 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**

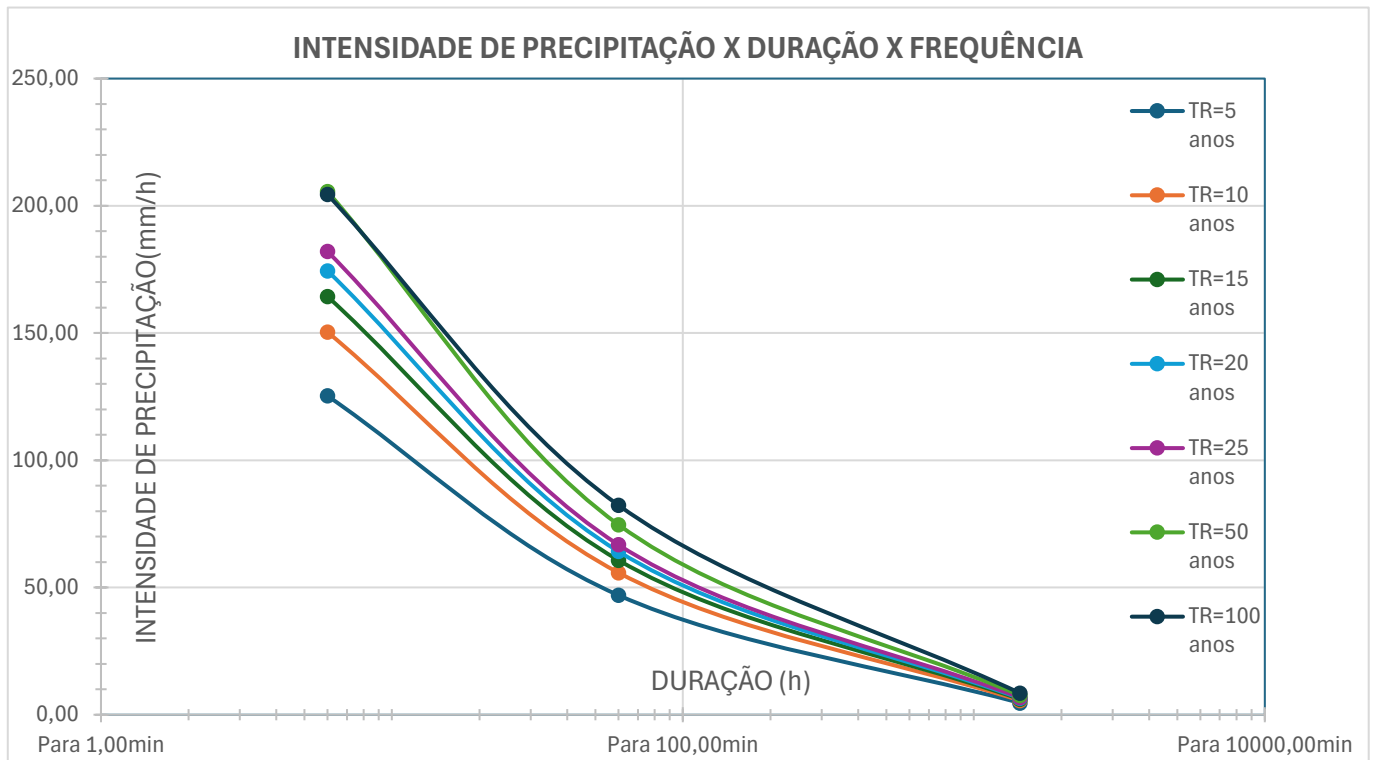


Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 85 – Curva altura x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**



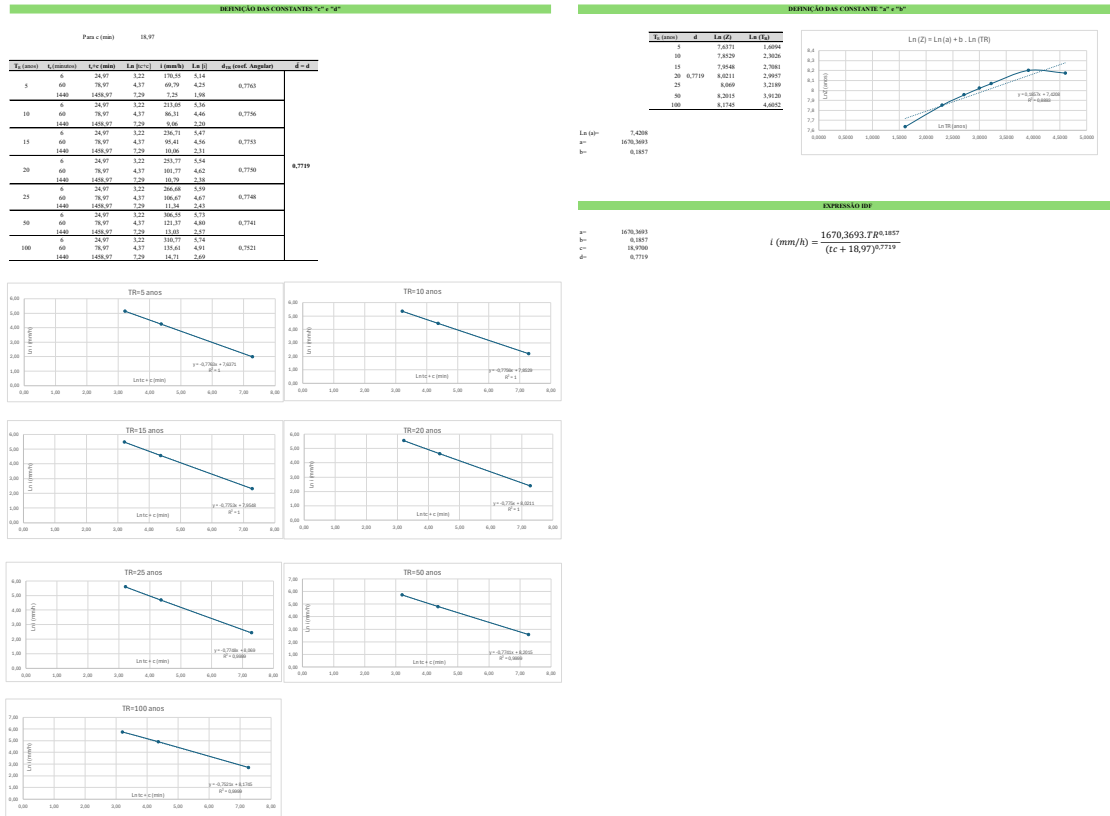
**Figura 86 – Curva intensidade x duração x frequência (em gráfico semi-log) para condição IDF 4 de Guaíba/RS, com base nos dados pluviométricos da estação Guaíba Country Club**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

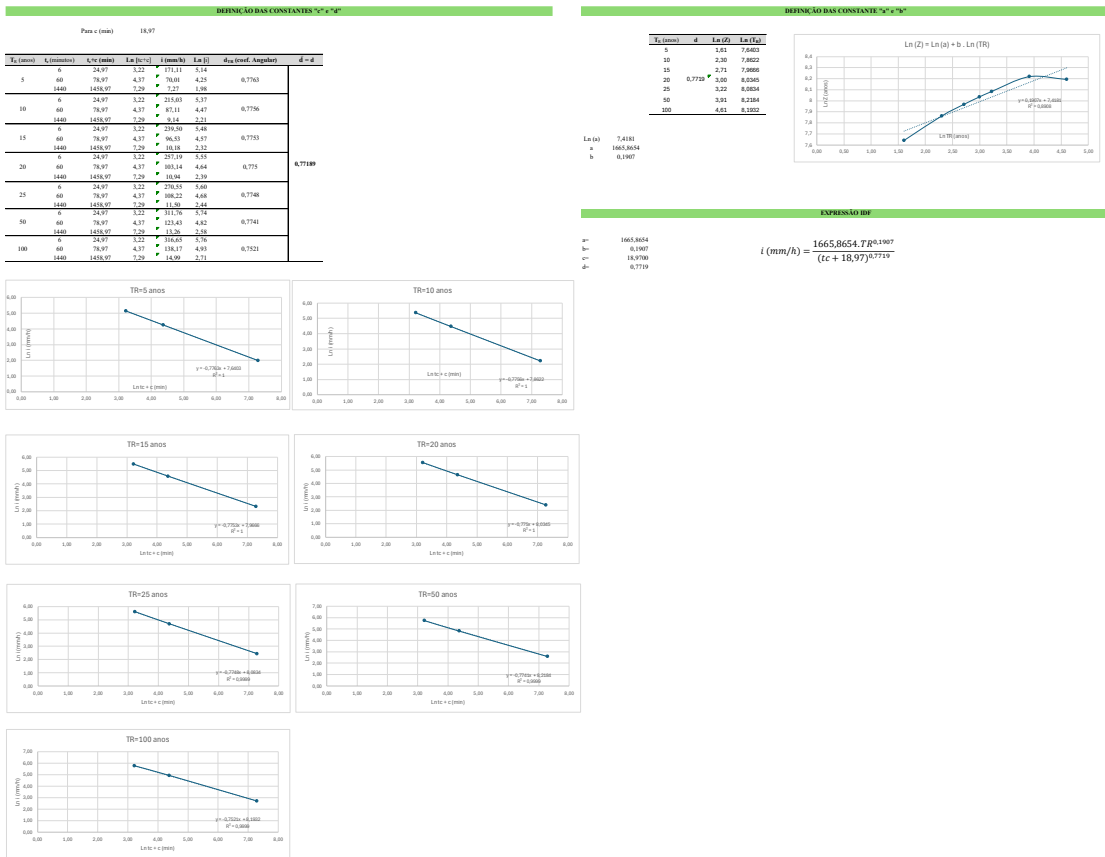
## APÊNDICE D – ESTABELECIMENTO DAS CONSTANTES “a”, “b”, “c” E “d” E EXPRESSÕES DE CHUVAS (EXCETO PARA IDF 1 DE CASTANHAL/PA)

Figura 87 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Castanhal/PA (Castanhal)



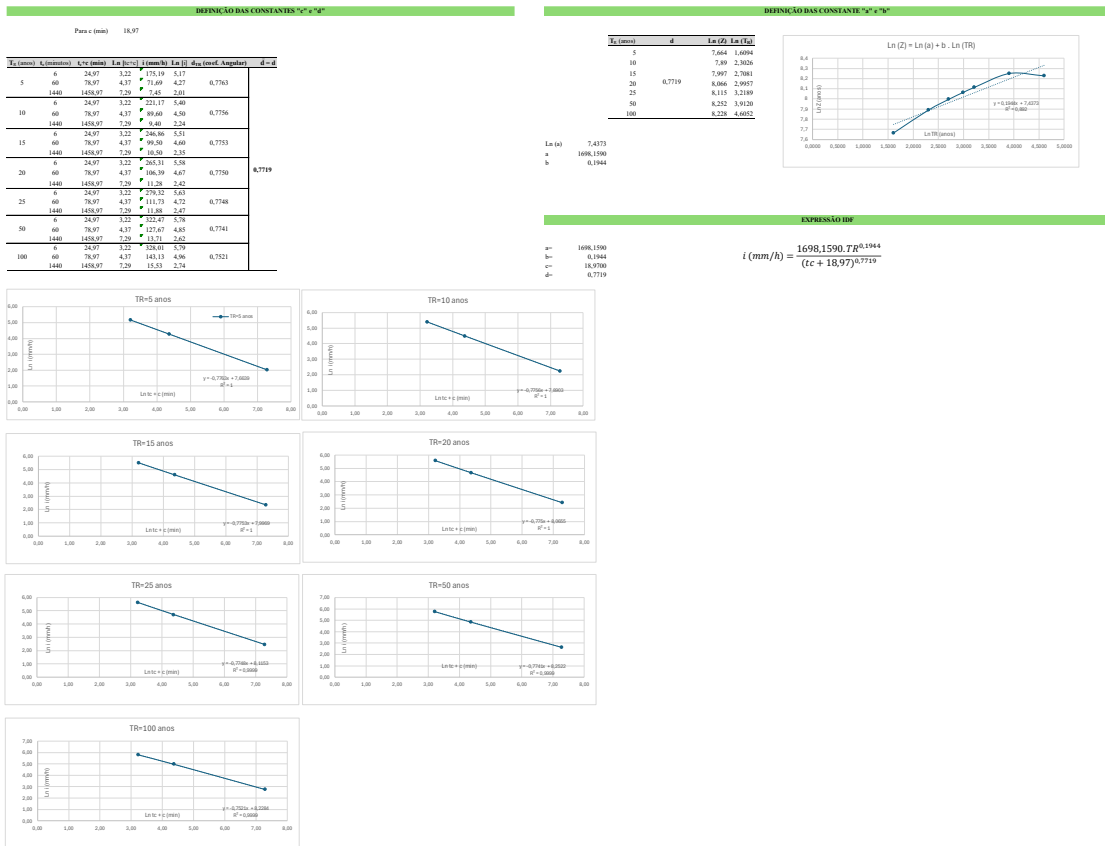
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 88 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Castanhal/PA (Castanhal)**



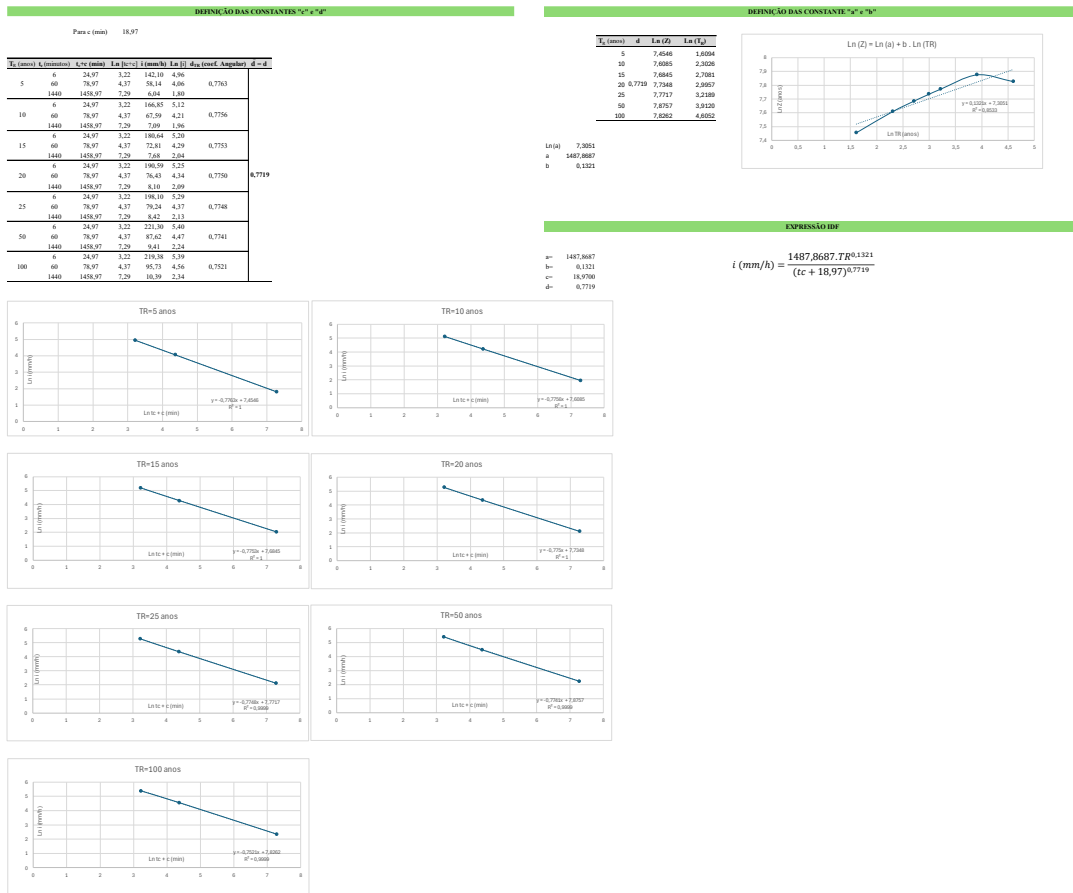
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 89 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Castanhal/PA (Castanhal)**



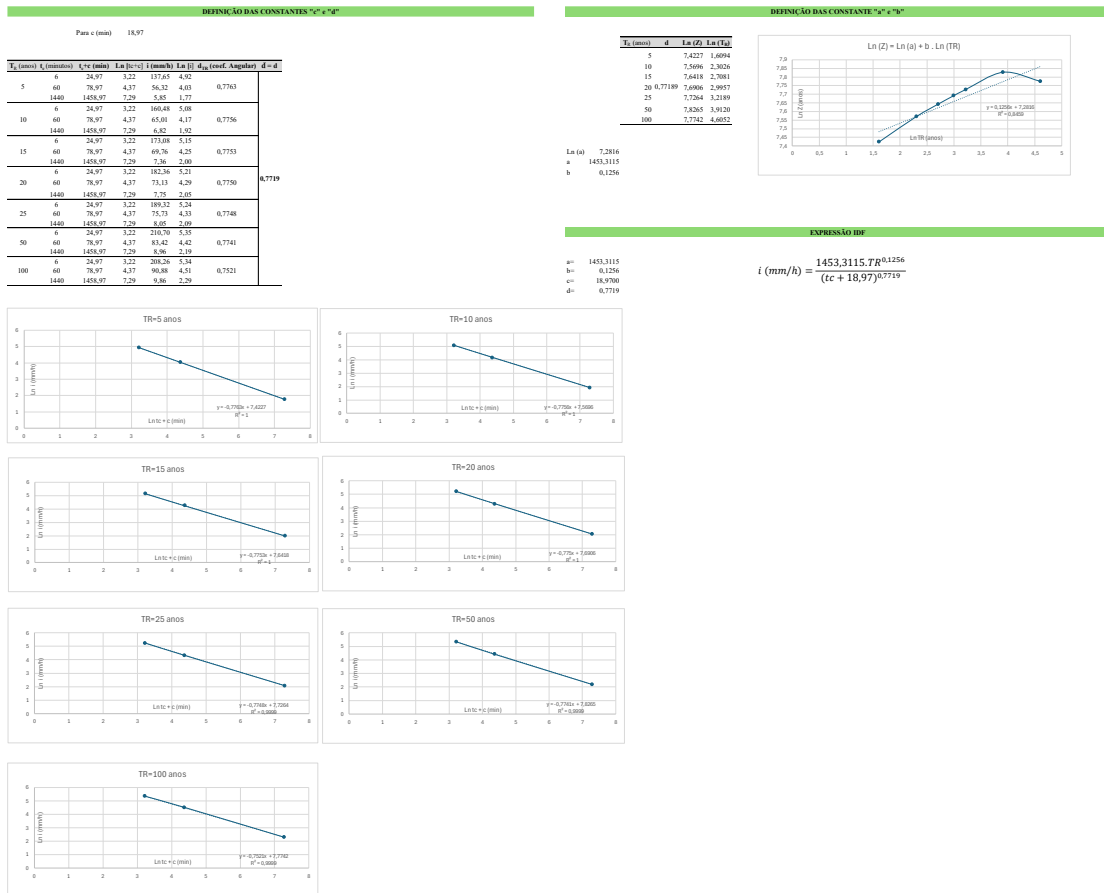
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 90 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Fortaleza/CE (Pici)**



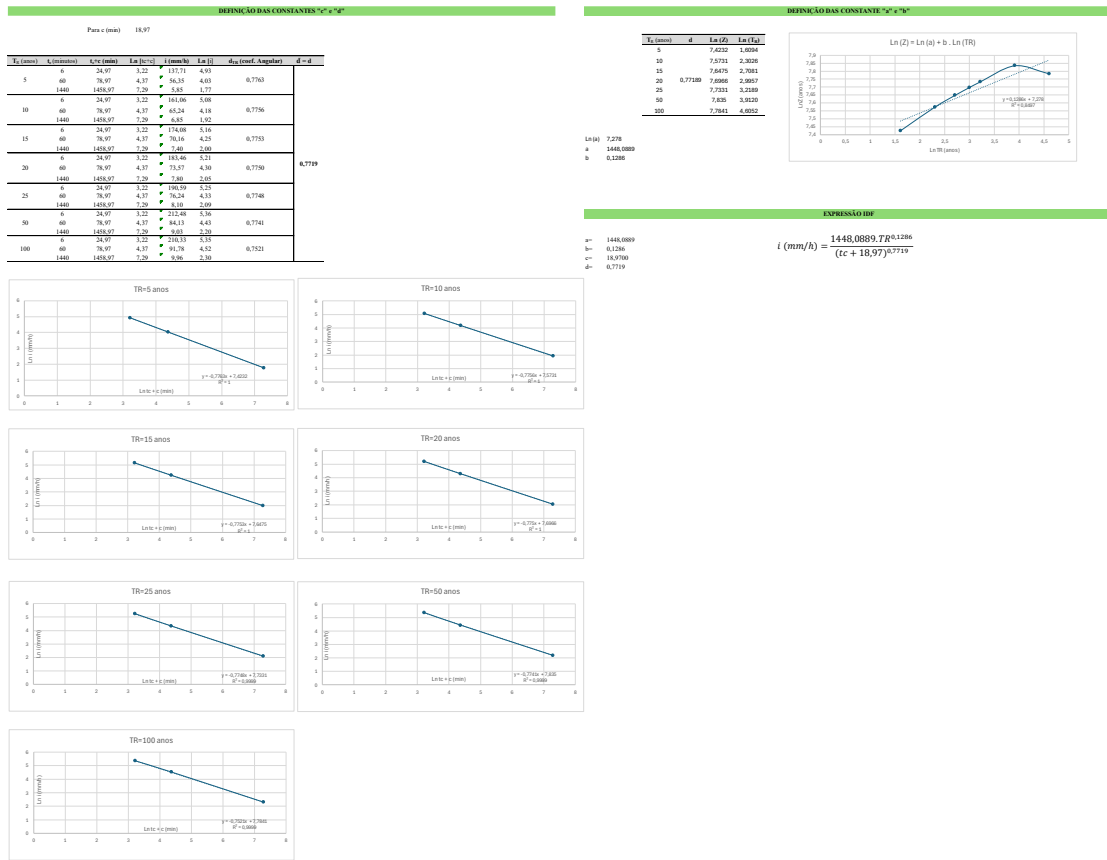
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 91 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Fortaleza/CE (Pici)**



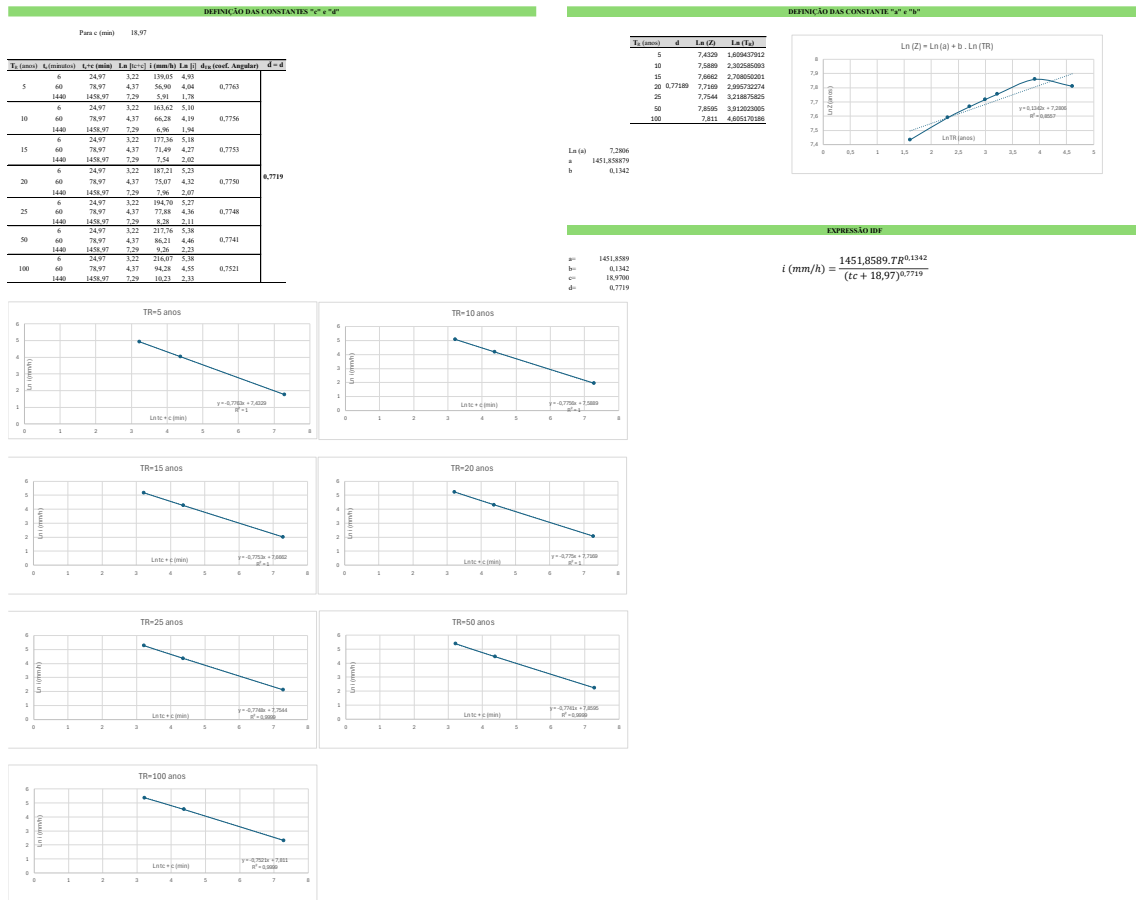
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 92 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Fortaleza/CE (Pici)**



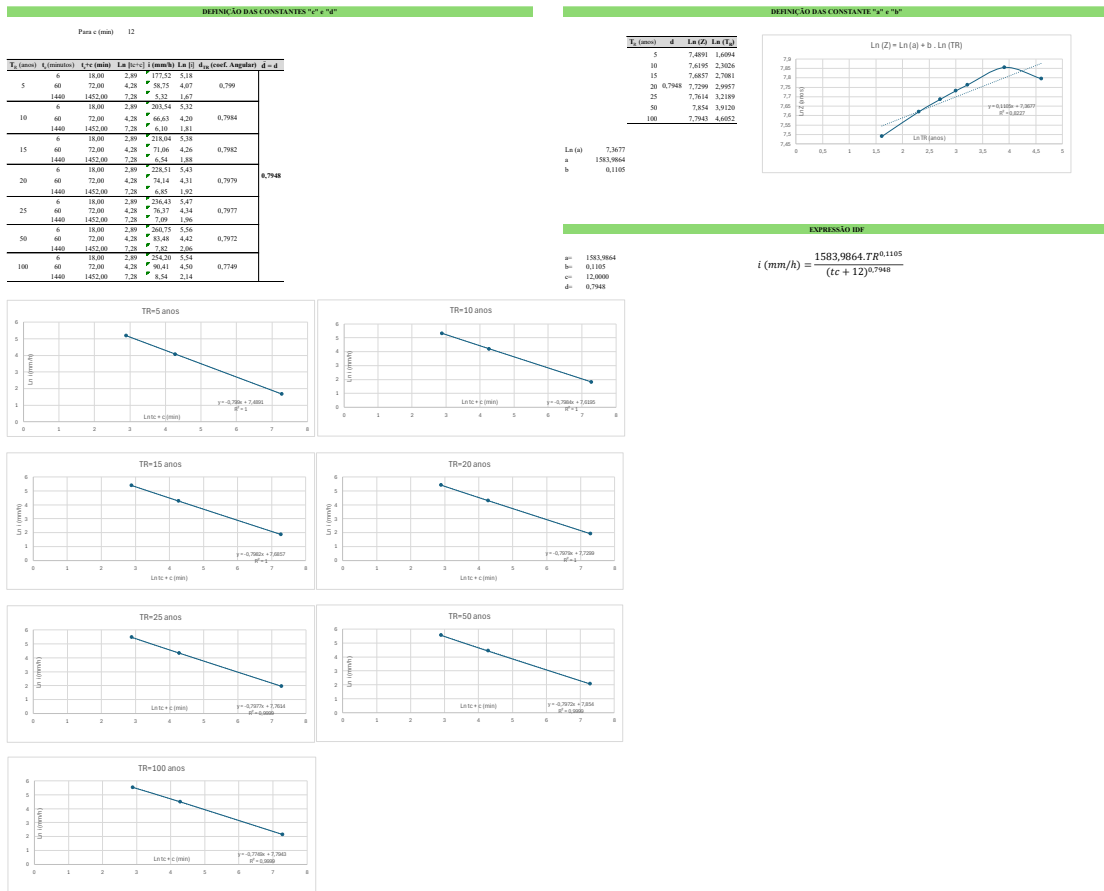
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 93 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Fortaleza/CE (Pici)**



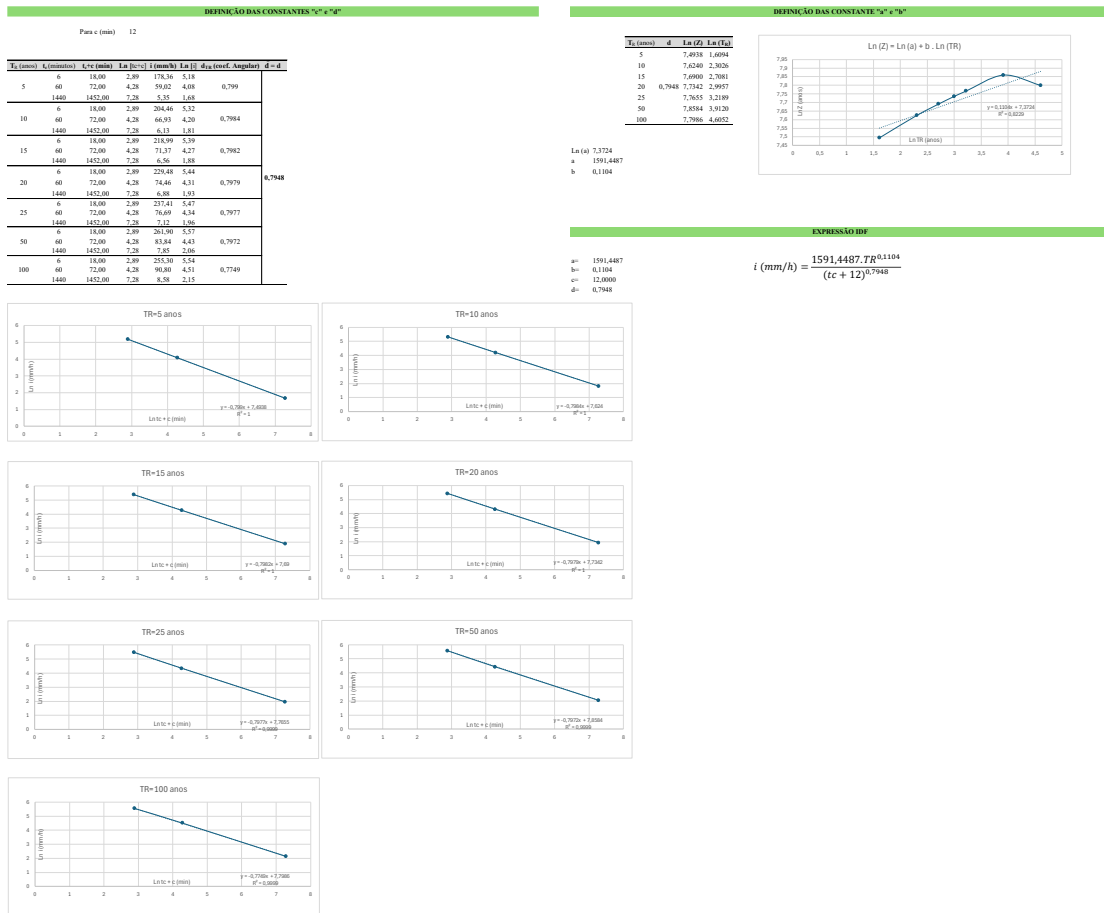
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 94 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Terenos/MS (Jaraguá)**



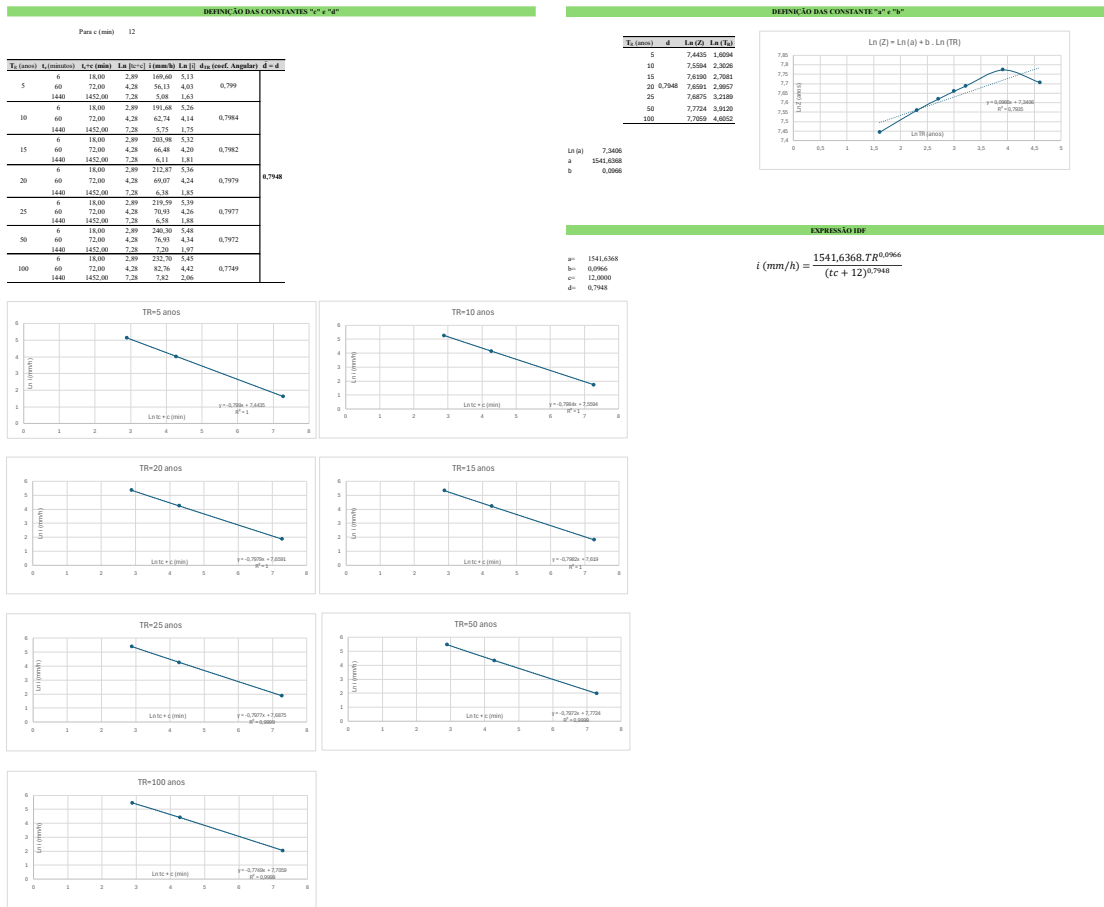
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 95 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Terenos/MS (Jaraguá)**



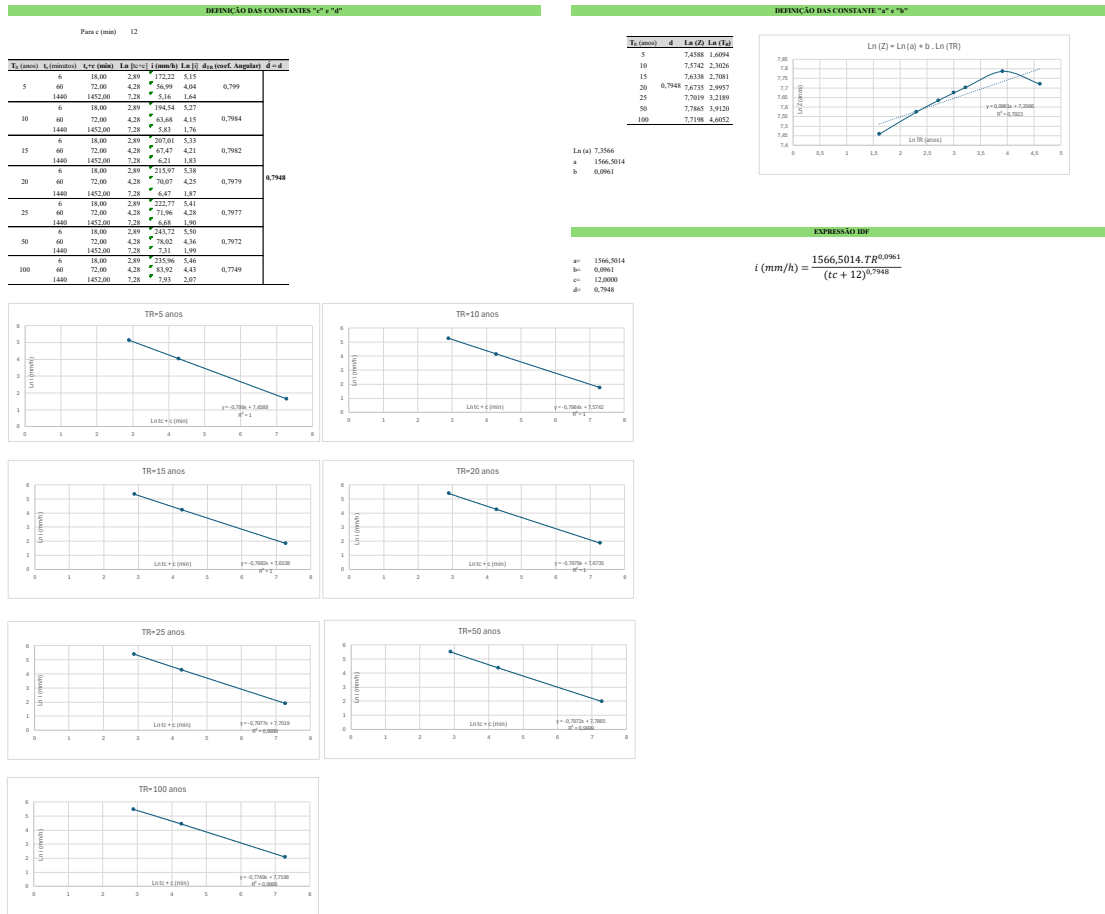
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 96 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Terenos/MS (Jaraguá)**



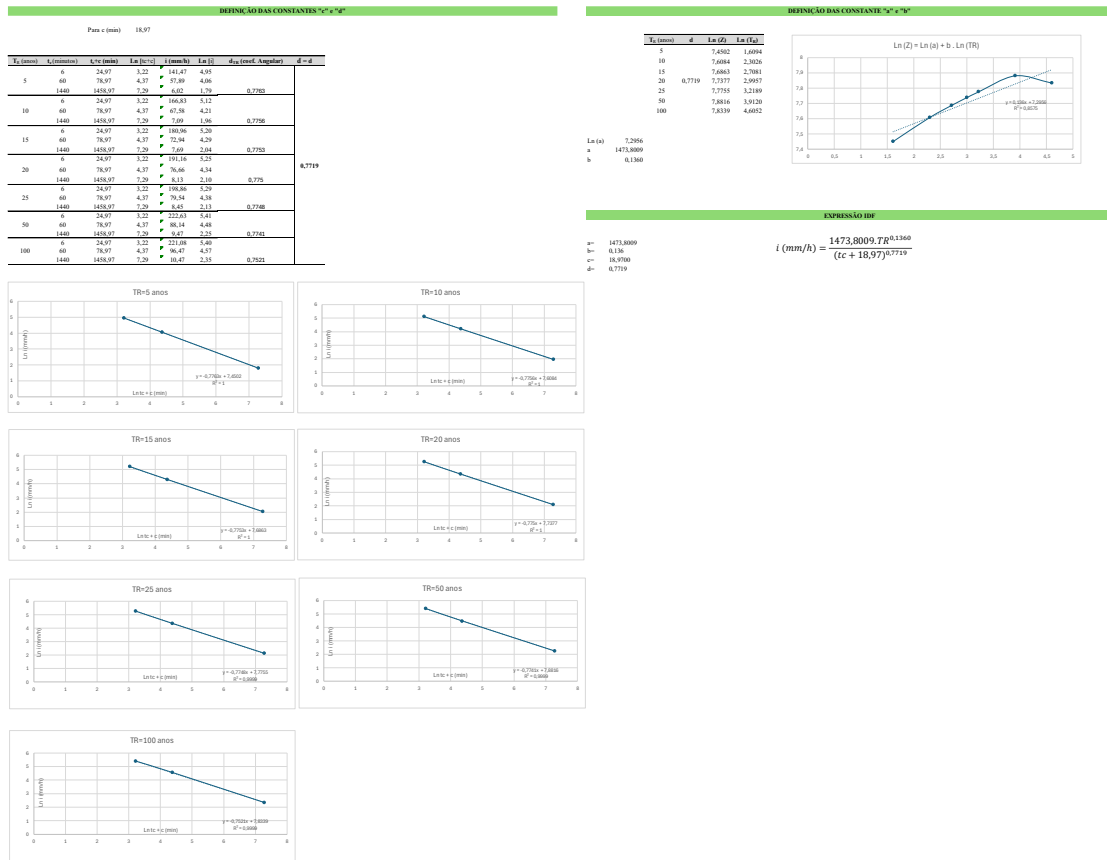
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 97 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Terenos/MS (Jaraguá)**



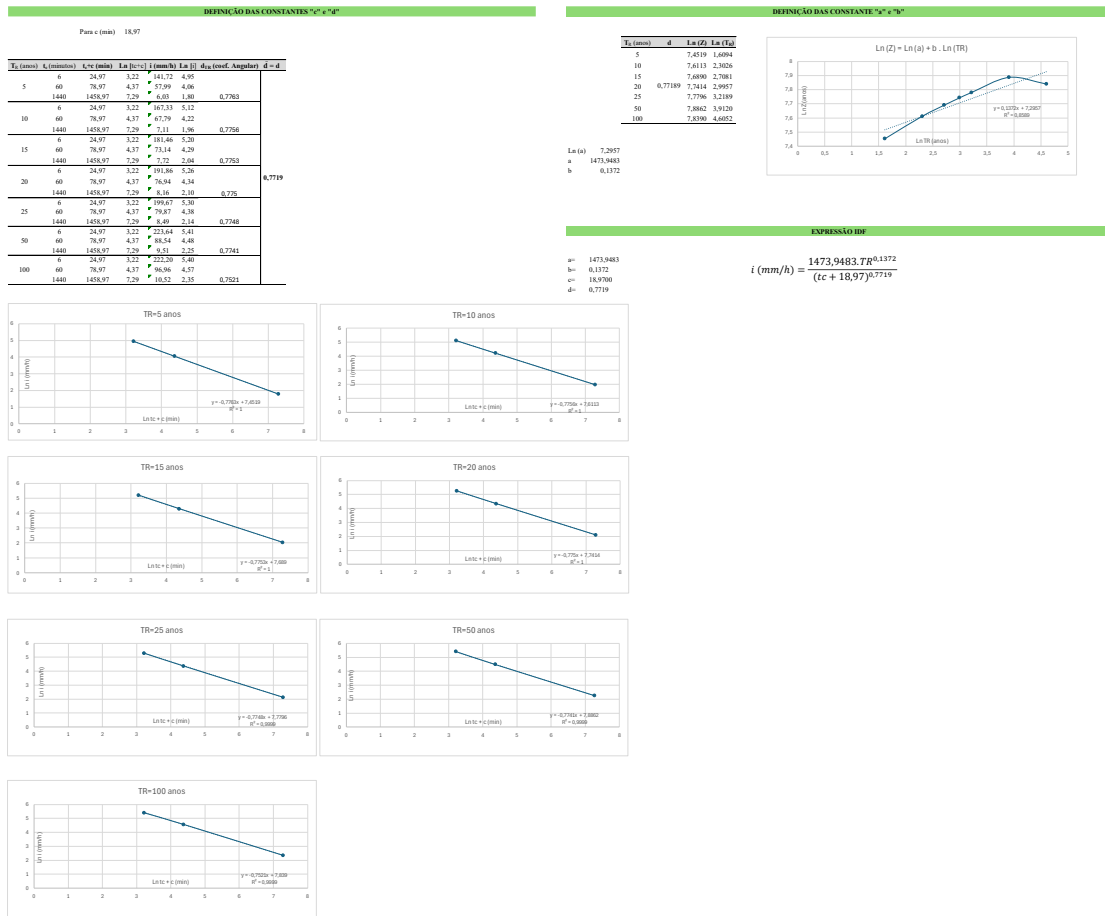
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 98 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**



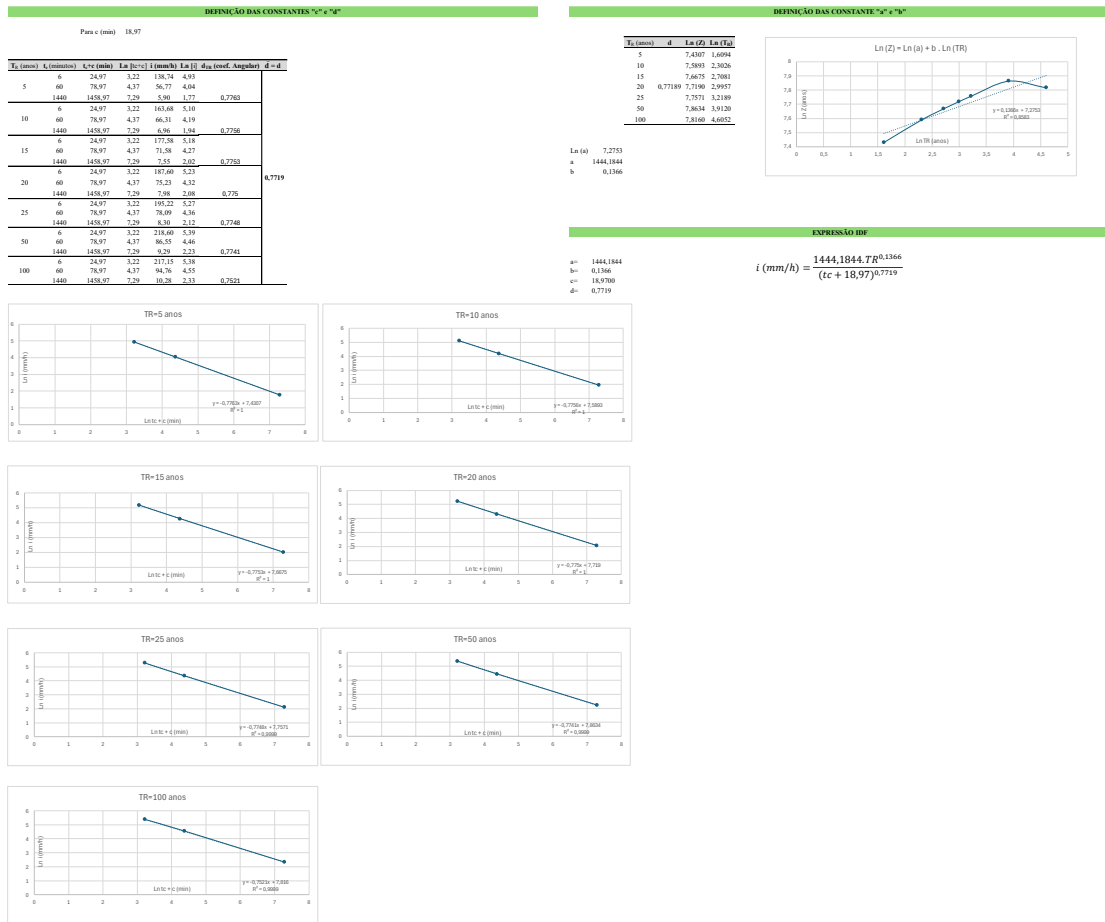
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 99 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**



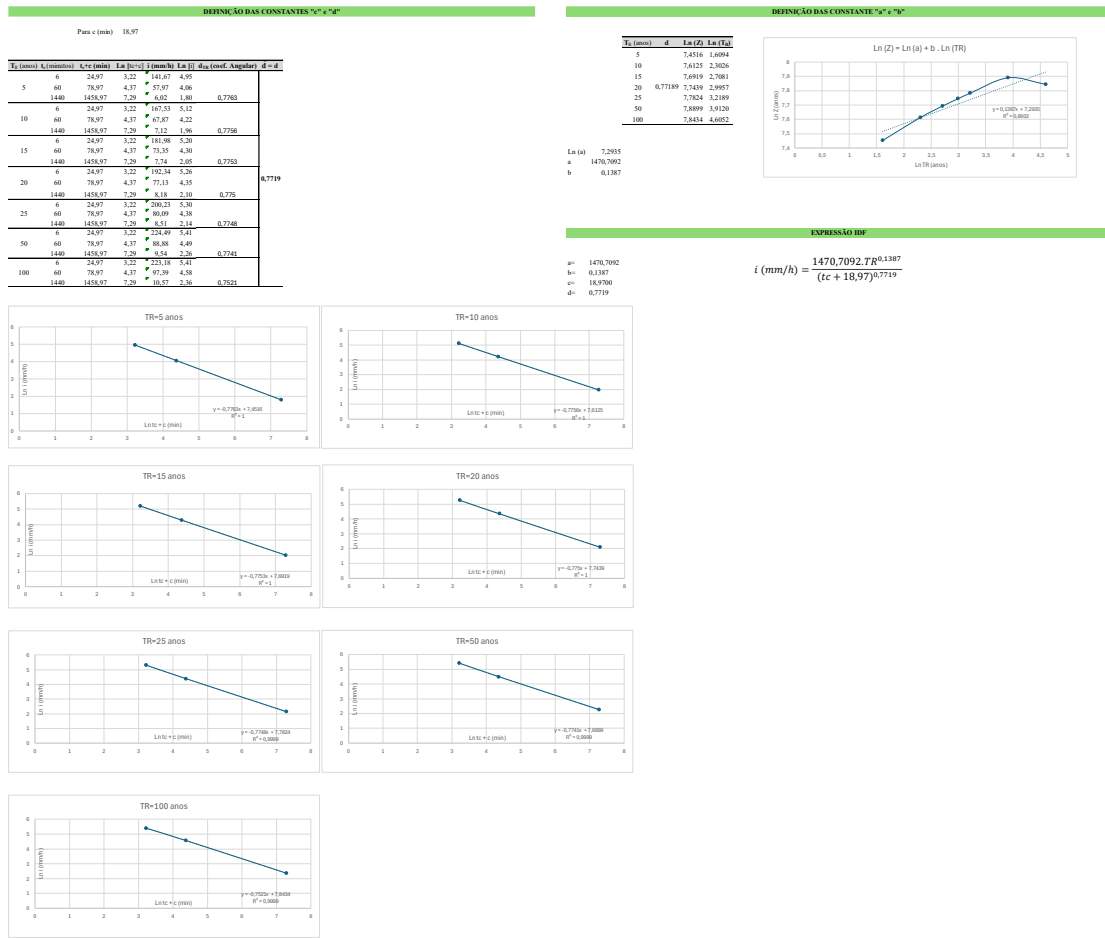
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 100 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**



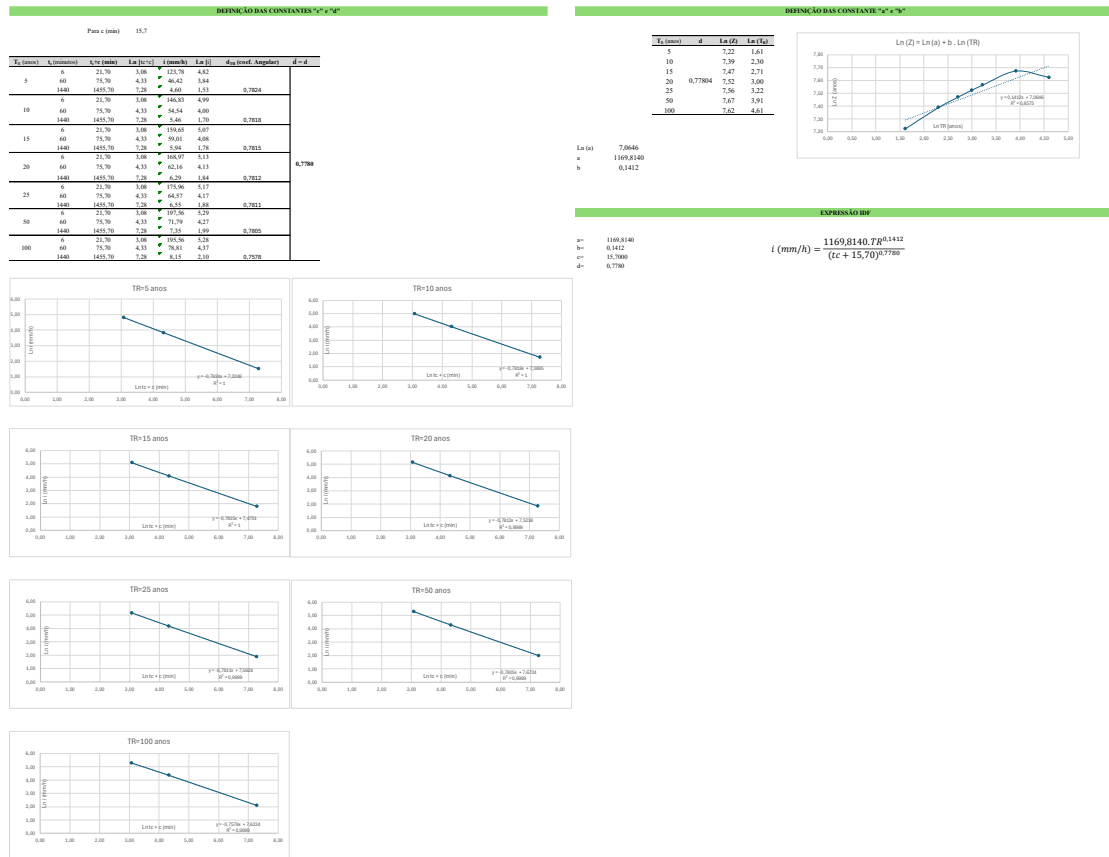
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 101 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**



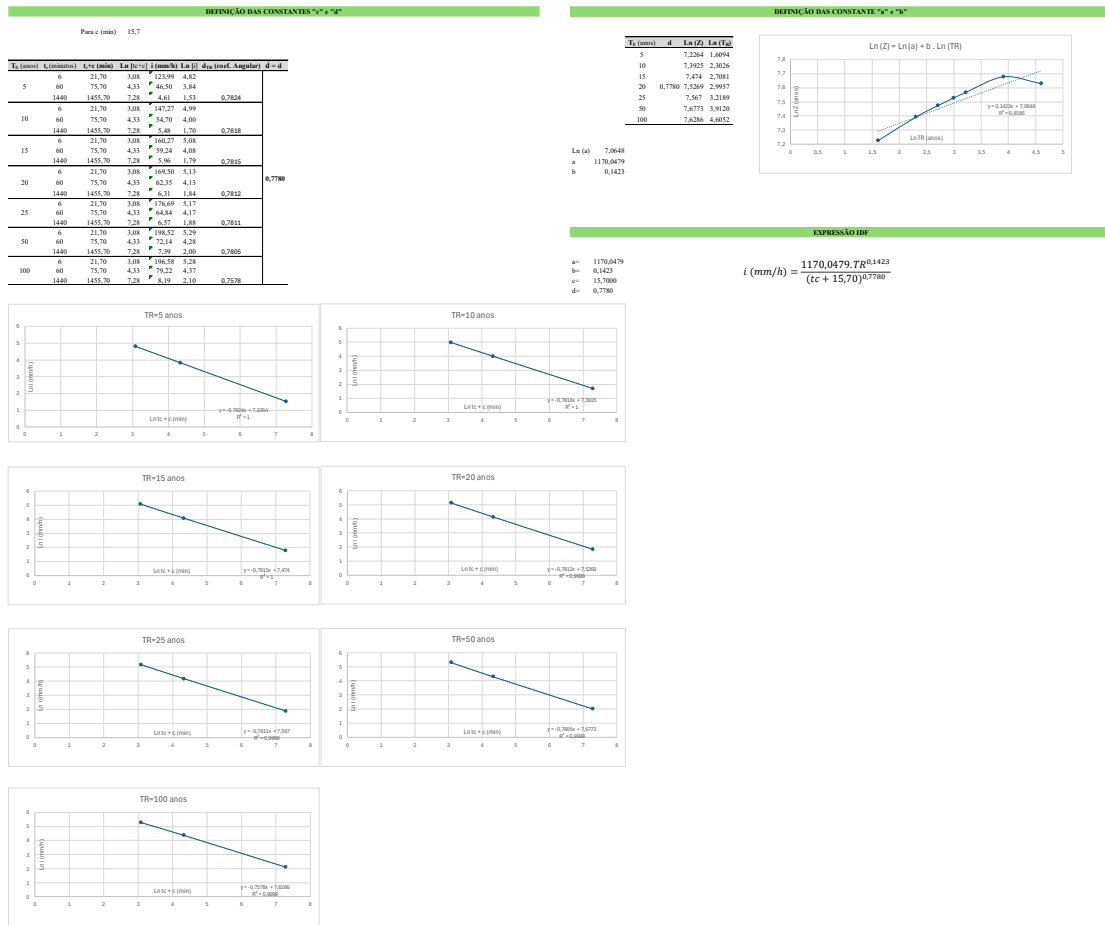
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 102 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 1 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**



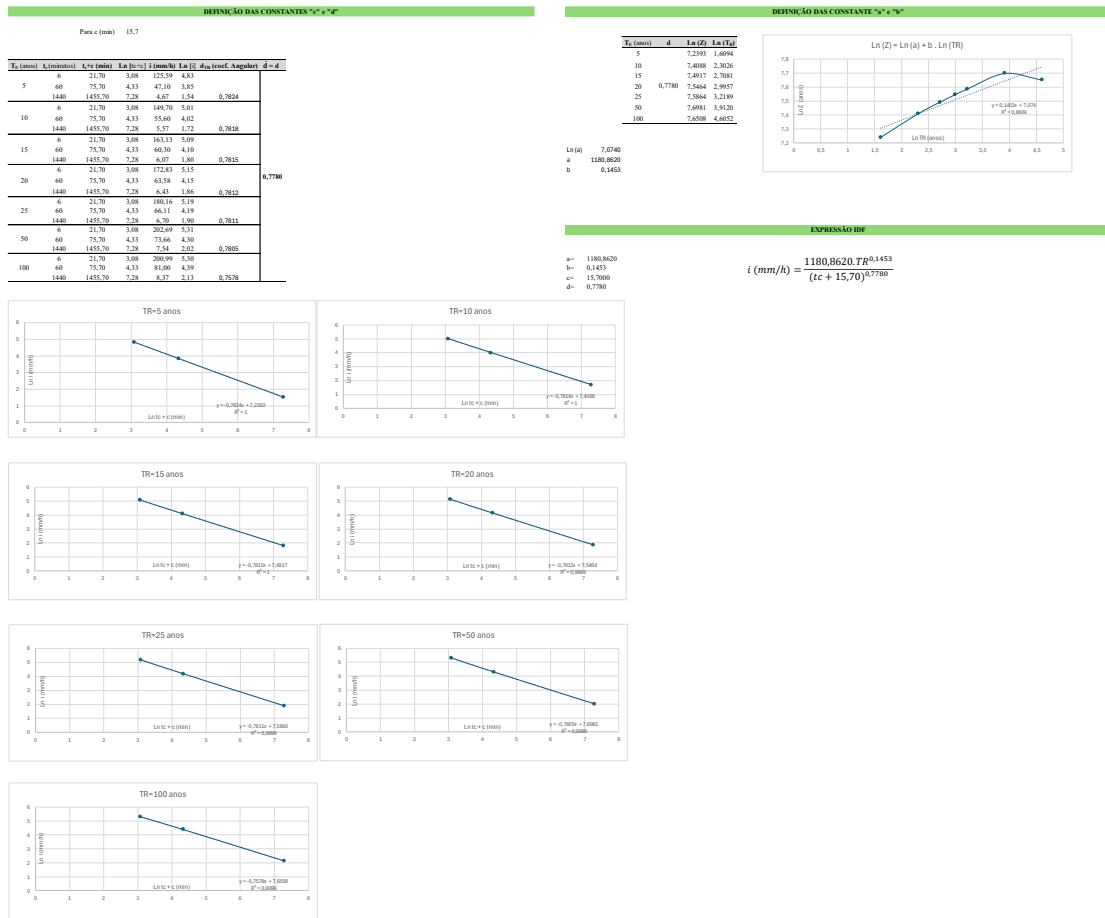
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 103 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 2 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**



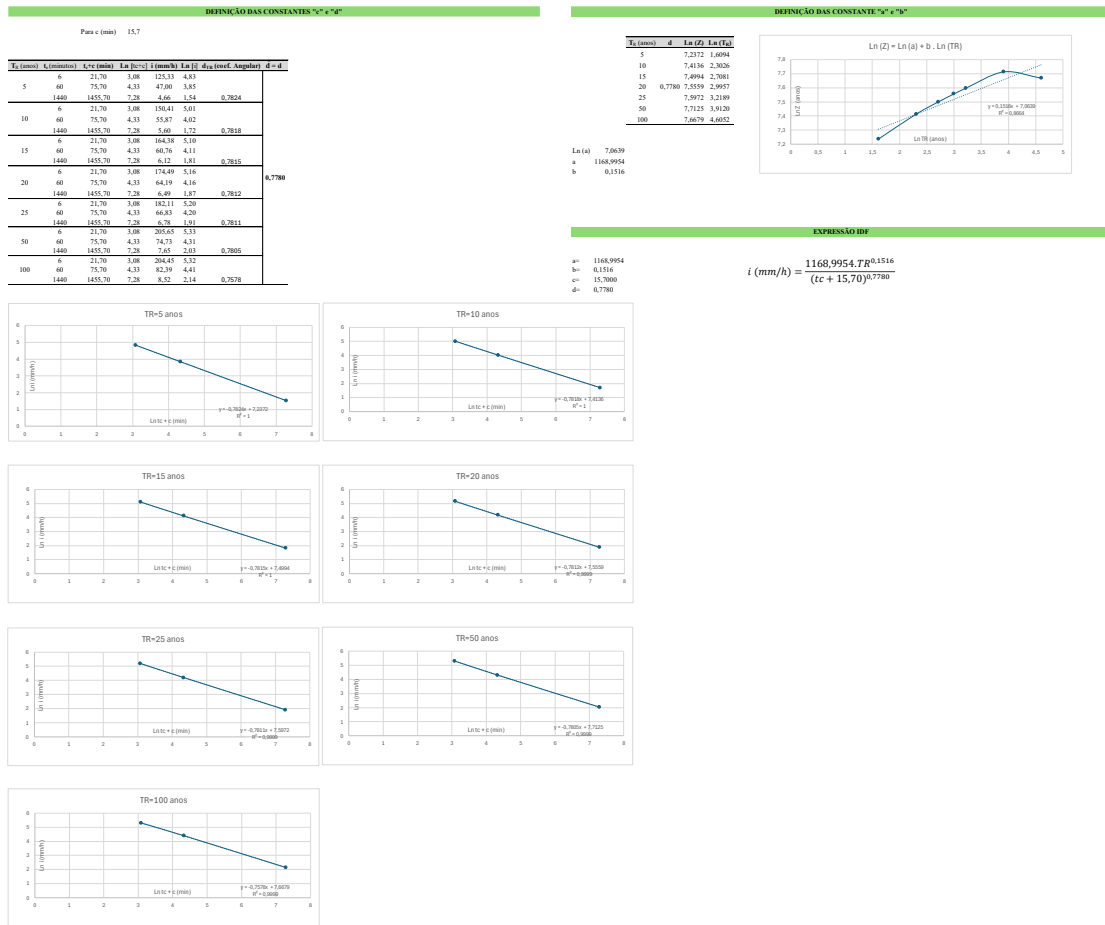
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 104 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 3 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Figura 105 – Estabelecimento das constantes “a”, “b”, “c” e “d” e expressão de chuvas para IDF 4 de Guaíba/RS (Guaíba Country Club)**



**APÊNDICE E – VALORES CALCULADOS PARA DEFINIÇÃO DOS COE’S  
(EXCETO DE IDF1 DE CASTANHAL/PA)**

**Tabela 17 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Castanhal/PA  
(Castanhal)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	170,55	187,92	91,11	0,9740
	60	69,79	77,27		
	1440	7,25	8,13		
10	6	213,05	213,73	103,62	0,9999
	60	86,31	87,88		
	1440	9,06	9,25		
15	6	236,71	230,44	111,72	0,9985
	60	95,41	94,75		
	1440	10,06	9,98		
20	6	253,77	243,09	117,85	0,9961
	60	101,77	99,95		
	1440	10,79	10,52		
25	6	266,68	253,37	122,84	0,9945
	60	106,67	104,18		
	1440	11,34	10,97		
50	6	306,55	288,18	139,72	0,9922
	60	121,37	118,49		
	1440	13,03	12,47		
100	6	310,77	327,77	158,91	0,9935
	60	135,61	134,77		
	1440	14,71	14,19		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 18 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Castanhal/PA (Castanhal)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	171,11	188,92	91,59	0,9729
	60	70,01	77,68		
	1440	7,27	8,18		
10	6	215,03	215,62	104,54	0,9999
	60	87,11	88,66		
	1440	9,14	9,33		
15	6	239,50	232,96	112,94	0,9984
	60	96,53	95,78		
	1440	10,18	10,08		
20	6	257,19	246,09	119,31	0,9959
	60	103,14	101,19		
	1440	10,94	10,65		
25	6	270,55	256,79	124,50	0,9943
	60	108,22	105,59		
	1440	11,50	11,12		
50	6	311,76	293,08	142,09	0,9922
	60	123,43	120,51		
	1440	13,26	12,69		
100	6	316,65	334,50	162,17	0,9931
	60	138,17	137,54		
	1440	14,99	14,48		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 19 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Castanhal/PA (Castanhal)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	175,19	193,74	93,93	0,9720
	60	71,69	79,66		
	1440	7,45	8,39		
10	6	221,17	221,68	107,48	0,9999
	60	89,60	91,15		
	1440	9,40	9,60		
15	6	246,86	239,86	116,29	0,9983
	60	99,50	98,62		
	1440	10,50	10,38		
20	6	265,31	253,66	122,98	0,9958
	60	106,39	104,30		
	1440	11,28	10,98		
25	6	279,32	264,91	128,43	0,9941
	60	111,73	108,92		
	1440	11,88	11,47		
50	6	322,47	303,12	146,96	0,9921
	60	127,67	124,63		
	1440	13,71	13,12		
100	6	328,01	346,84	168,16	0,9928
	60	143,13	142,61		
	1440	15,53	15,01		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 20 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Fortaleza/CE (Pici)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	142,10	153,55	74,44	0,9836
	60	58,14	63,14		
	1440	6,04	6,65		
10	6	166,85	168,27	81,58	0,9996
	60	67,59	69,19		
	1440	7,09	7,28		
15	6	180,64	177,53	86,07	0,9994
	60	72,81	73,00		
	1440	7,68	7,69		
20	6	190,59	184,41	89,41	0,9977
	60	76,43	75,82		
	1440	8,10	7,98		
25	6	198,10	189,93	92,08	0,9963
	60	79,24	78,09		
	1440	8,42	8,22		
50	6	221,30	208,14	100,91	0,9923
	60	87,62	85,58		
	1440	9,41	9,01		
100	6	219,38	228,10	110,59	0,9964
	60	95,73	93,79		
	1440	10,39	9,87		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 21 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Fortaleza/CE (Pici)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	137,65	148,42	71,96	0,9845
	60	56,32	61,03		
	1440	5,85	6,42		
10	6	160,48	161,92	78,50	0,9996
	60	65,01	66,58		
	1440	6,82	7,01		
15	6	173,08	170,38	82,61	0,9995
	60	69,76	70,06		
	1440	7,36	7,38		
20	6	182,36	176,65	85,64	0,9979
	60	73,13	72,63		
	1440	7,75	7,65		
25	6	189,32	181,67	88,08	0,9965
	60	75,73	74,70		
	1440	8,05	7,86		
50	6	210,70	198,20	96,09	0,9923
	60	83,42	81,49		
	1440	8,96	8,58		
100	6	208,26	216,23	104,83	0,9966
	60	90,88	88,91		
	1440	9,86	9,36		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 22 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Fortaleza/CE (Pici)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	137,71	148,61	72,05	0,9841
	60	56,35	61,10		
	1440	5,85	6,43		
10	6	161,06	162,46	78,76	0,9996
	60	65,24	66,80		
	1440	6,85	7,03		
15	6	174,08	171,16	82,98	0,9994
	60	70,16	70,37		
	1440	7,40	7,41		
20	6	183,46	177,61	86,11	0,9978
	60	73,57	73,03		
	1440	7,80	7,69		
25	6	190,59	182,78	88,61	0,9963
	60	76,24	75,15		
	1440	8,10	7,91		
50	6	212,48	199,82	96,88	0,9923
	60	84,13	82,16		
	1440	9,03	8,65		
100	6	210,33	218,45	105,91	0,9966
	60	91,78	89,82		
	1440	9,96	9,46		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 23 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Fortaleza/CE (Pici)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	139,05	150,34	72,89	0,9833
	60	56,90	61,82		
	1440	5,91	6,51		
10	6	163,62	165,00	79,99	0,9997
	60	66,28	67,84		
	1440	6,96	7,14		
15	6	177,36	174,22	84,47	0,9993
	60	71,49	71,64		
	1440	7,54	7,54		
20	6	187,21	181,08	87,79	0,9977
	60	75,07	74,46		
	1440	7,96	7,84		
25	6	194,70	186,59	90,46	0,9962
	60	77,88	76,72		
	1440	8,28	8,08		
50	6	217,76	204,78	99,28	0,9923
	60	86,21	84,20		
	1440	9,26	8,86		
100	6	216,07	224,74	108,96	0,9963
	60	94,28	92,41		
	1440	10,23	9,73		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 24 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Terenos/MS (Jaraguá)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	177,52	190,26	86,43	0,9883
	60	58,75	63,22		
	1440	5,32	5,81		
10	6	203,54	205,41	93,31	0,9997
	60	66,63	68,25		
	1440	6,10	6,27		
15	6	218,04	214,82	97,59	0,9996
	60	71,06	71,38		
	1440	6,54	6,56		
20	6	228,51	221,76	100,74	0,9982
	60	74,14	73,69		
	1440	6,85	6,77		
25	6	236,43	227,29	103,25	0,9970
	60	76,37	75,53		
	1440	7,09	6,94		
50	6	260,75	245,39	111,47	0,9929
	60	83,48	81,54		
	1440	7,82	7,49		
100	6	254,20	264,92	120,34	0,9961
	60	90,41	88,03		
	1440	8,54	8,09		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 25 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Terenos/MS (Jaraguá)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	178,36	191,13	86,82	0,9884
	60	59,02	63,51		
	1440	5,35	5,83		
10	6	204,46	206,33	93,73	0,9997
	60	66,93	68,56		
	1440	6,13	6,30		
15	6	218,99	215,77	98,02	0,9996
	60	71,37	71,70		
	1440	6,56	6,59		
20	6	229,48	222,74	101,18	0,9982
	60	74,46	74,01		
	1440	6,88	6,80		
25	6	237,41	228,29	103,71	0,9970
	60	76,69	75,86		
	1440	7,12	6,97		
50	6	261,90	246,45	111,95	0,9929
	60	83,84	81,89		
	1440	7,85	7,52		
100	6	255,30	266,05	120,86	0,9962
	60	90,80	88,40		
	1440	8,58	8,12		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 26 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Terenos/MS (Jaraguá)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	169,60	181,08	82,26	0,9896
	60	56,13	60,17		
	1440	5,08	5,53		
10	6	191,68	193,62	87,95	0,9997
	60	62,74	64,34		
	1440	5,75	5,91		
15	6	203,98	201,35	91,47	0,9997
	60	66,48	66,91		
	1440	6,11	6,15		
20	6	212,87	207,03	94,05	0,9985
	60	69,07	68,79		
	1440	6,38	6,32		
25	6	219,59	211,54	96,09	0,9973
	60	70,93	70,29		
	1440	6,58	6,46		
50	6	240,30	226,19	102,75	0,9929
	60	76,93	75,16		
	1440	7,20	6,90		
100	6	232,70	241,85	109,86	0,9966
	60	82,76	80,36		
	1440	7,82	7,38		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 27 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Terenos/MS (Jaraguá)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	172,22	183,85	83,52	0,9896
	60	56,99	61,09		
	1440	5,16	5,61		
10	6	194,54	196,51	89,27	0,9996
	60	63,68	65,30		
	1440	5,83	6,00		
15	6	207,01	204,32	92,82	0,9996
	60	67,47	67,89		
	1440	6,21	6,24		
20	6	215,97	210,05	95,42	0,9985
	60	70,07	69,80		
	1440	6,47	6,41		
25	6	222,77	214,60	97,49	0,9973
	60	71,96	71,31		
	1440	6,68	6,55		
50	6	243,72	229,38	104,20	0,9929
	60	78,02	76,22		
	1440	7,31	7,00		
100	6	235,96	245,19	111,38	0,9966
	60	83,92	81,47		
	1440	7,93	7,48		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 28 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	141,47	153,06	74,20	0,9831
	60	57,89	62,93		
	1440	6,02	6,63		
10	6	166,83	168,19	81,54	0,9997
	60	67,58	69,15		
	1440	7,09	7,28		
15	6	180,96	177,72	86,16	0,9993
	60	72,94	73,07		
	1440	7,69	7,69		
20	6	191,16	184,81	89,60	0,9976
	60	76,66	75,99		
	1440	8,13	8,00		
25	6	198,86	190,51	92,36	0,9962
	60	79,54	78,33		
	1440	8,45	8,25		
50	6	222,63	209,34	101,49	0,9922
	60	88,14	86,07		
	1440	9,47	9,06		
100	6	221,08	230,03	111,52	0,9963
	60	96,47	94,58		
	1440	10,47	9,96		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 29 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	141,72	153,37	74,36	0,9829
	60	57,99	63,06		
	1440	6,03	6,64		
10	6	167,33	168,67	81,77	0,9997
	60	67,79	69,35		
	1440	7,11	7,30		
15	6	181,46	178,32	86,45	0,9994
	60	73,14	73,32		
	1440	7,72	7,72		
20	6	191,86	185,50	89,93	0,9976
	60	76,94	76,27		
	1440	8,16	8,03		
25	6	199,67	191,26	92,73	0,9961
	60	79,87	78,64		
	1440	8,49	8,28		
50	6	223,64	210,35	101,98	0,9923
	60	88,54	86,49		
	1440	9,51	9,11		
100	6	222,20	231,33	112,15	0,9962
	60	96,96	95,12		
	1440	10,52	10,01		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 30 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	138,74	150,13	72,78	0,9830
	60	56,77	61,73		
	1440	5,90	6,50		
10	6	163,68	165,03	80,01	0,9997
	60	66,31	67,86		
	1440	6,96	7,14		
15	6	177,58	174,43	84,57	0,9993
	60	71,58	71,72		
	1440	7,55	7,55		
20	6	187,60	181,42	87,96	0,9977
	60	75,23	74,60		
	1440	7,98	7,85		
25	6	195,22	187,04	90,68	0,9962
	60	78,09	76,91		
	1440	8,30	8,10		
50	6	218,60	205,61	99,69	0,9923
	60	86,55	84,54		
	1440	9,29	8,90		
100	6	217,15	226,03	109,59	0,9962
	60	94,76	92,94		
	1440	10,28	9,78		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 31 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Belo Horizonte/MG (Caixa de Areia)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	141,67	153,40	74,37	0,9827
	60	57,97	63,07		
	1440	6,02	6,64		
10	6	167,53	168,88	81,88	0,9997
	60	67,87	69,44		
	1440	7,12	7,31		
15	6	181,98	178,65	86,61	0,9993
	60	73,35	73,46		
	1440	7,74	7,73		
20	6	192,34	185,92	90,14	0,9976
	60	77,13	76,45		
	1440	8,18	8,05		
25	6	200,23	191,77	92,97	0,9961
	60	80,09	78,85		
	1440	8,51	8,30		
50	6	224,49	211,12	102,35	0,9923
	60	88,88	86,81		
	1440	9,54	9,14		
100	6	223,18	232,42	112,68	0,9961
	60	97,39	95,57		
	1440	10,57	10,06		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 32 – Valores calculados para definição de COE de IDF 1 de Guaíba/RS  
(Guaíba Country Club)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	123,78	133,96	63,24	0,9835
	60	46,42	50,68		
	1440	4,60	5,08		
10	6	146,83	147,74	69,74	0,9997
	60	54,54	55,89		
	1440	5,46	5,60		
15	6	159,65	156,44	73,85	0,9992
	60	59,01	59,18		
	1440	5,94	5,93		
20	6	168,97	162,93	76,91	0,9973
	60	62,16	61,63		
	1440	6,29	6,18		
25	6	175,96	168,14	79,37	0,9958
	60	64,57	63,60		
	1440	6,55	6,38		
50	6	197,56	185,43	87,54	0,9920
	60	71,79	70,14		
	1440	7,35	7,03		
100	6	195,56	204,50	96,54	0,9954
	60	78,81	77,36		
	1440	8,15	7,75		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 33 – Valores calculados para definição de COE de IDF 2 de Guaíba/RS  
(Guaíba Country Club)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	123,99	134,23	63,36	0,9833
	60	46,50	50,78		
	1440	4,61	5,09		
10	6	147,27	148,14	69,93	0,9998
	60	54,70	56,04		
	1440	5,48	5,62		
15	6	160,27	156,94	74,09	0,9991
	60	59,24	59,37		
	1440	5,96	5,95		
20	6	169,50	163,50	77,18	0,9974
	60	62,35	61,85		
	1440	6,31	6,20		
25	6	176,69	168,77	79,67	0,9957
	60	64,84	63,84		
	1440	6,57	6,40		
50	6	198,52	186,27	87,93	0,9919
	60	72,14	70,46		
	1440	7,39	7,06		
100	6	196,58	205,58	97,05	0,9954
	60	79,22	77,77		
	1440	8,19	7,79		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 34 – Valores calculados para definição de COE de IDF 3 de Guaíba/RS  
(Guaíba Country Club)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub> (mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	125,59	136,12	64,26	0,9829
	60	47,10	51,49		
	1440	4,67	5,16		
10	6	149,70	150,55	71,07	0,9998
	60	55,60	56,95		
	1440	5,57	5,71		
15	6	163,13	159,68	75,38	0,9991
	60	60,30	60,40		
	1440	6,07	6,05		
20	6	172,83	166,50	78,60	0,9972
	60	63,58	62,98		
	1440	6,43	6,31		
25	6	180,16	171,99	81,19	0,9956
	60	66,11	65,06		
	1440	6,70	6,52		
50	6	202,69	190,21	89,79	0,9920
	60	73,66	71,95		
	1440	7,54	7,21		
100	6	200,99	210,37	99,31	0,9952
	60	81,00	79,58		
	1440	8,37	7,98		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)

**Tabela 35 – Valores calculados para definição de COE de IDF 4 de Guaíba/RS  
(Guaíba Country Club)**

<b>T<sub>R</sub> (anos)</b>	<b>t<sub>c</sub> (min)</b>	<b>E<sub>m</sub>(mm/h)</b>	<b>E<sub>s</sub>(mm/h)</b>	<b><math>\bar{E}_s</math> (mm/h)</b>	<b>COE</b>
5	6	125,33	136,13	64,26	0,9819
	60	47,00	51,49		
	1440	4,66	5,16		
10	6	150,41	151,21	71,38	0,9998
	60	55,87	57,20		
	1440	5,60	5,73		
15	6	164,38	160,80	75,91	0,9990
	60	60,76	60,83		
	1440	6,12	6,10		
20	6	174,49	167,97	79,29	0,9971
	60	64,19	63,54		
	1440	6,49	6,37		
25	6	182,11	173,75	82,02	0,9955
	60	66,83	65,72		
	1440	6,78	6,59		
50	6	205,65	193,00	91,11	0,9920
	60	74,73	73,01		
	1440	7,65	7,32		
100	6	204,45	214,38	101,20	0,9949
	60	82,39	81,10		
	1440	8,52	8,13		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em ANA (2025)