



UFOP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Urbana
Curso de Graduação em Engenharia Urbana



ESCOLA DE MINAS

ALINE DA COSTA CARVALHO CHRISTÓFARO SOUSA

**DETERMINAÇÃO E APLICAÇÃO DA CURVA INTENSIDADE-
DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF) DE CHUVAS PARA O
MUNICÍPIO DE CONSELHEIRO LAFAIETE (MG):
CONTRIBUIÇÃO AO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
URBANAS**

Ouro Preto

2025

Aline da Costa Carvalho Christófaros Sousa

Determinação e aplicação da curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de chuvas para o município de Conselheiro Lafaiete (MG): contribuição ao manejo de águas pluviais urbanas

Projeto Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Urbana na Universidade Federal de Ouro Preto.

Área de concentração: Saneamento e Recursos hídricos e Planejamento e Gestão urbana.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Aline de Araújo Nunes

Ouro Preto
2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S725d Sousa, Aline da Costa Carvalho Christofaro.
Determinação e aplicação da curva intensidade-duração-frequência
(IDF) de chuvas para o município de Conselheiro Lafaiete (MG)
[manuscrito]: contribuição ao manejo de águas pluviais urbanas. / Aline
da Costa Carvalho Christofaro Sousa. - 2025.
71 f.

Orientadora: Profa. Dra. Aline de Araújo Nunes.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Planejamento Urbano. 2. Drenagem. 3. Chuvas - Frequência da
intensidade. I. Nunes, Aline de Araújo. II. Universidade Federal de Ouro
Preto. III. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Aline da Costa Carvalho Christófaros Sousa

**Determinação e aplicação da curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de chuvas para o município de Conselheiro Lafaiete:
contribuição ao manejo de águas pluviais urbanas**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Urbanista

Aprovada em 28 de agosto de 2025

Membros da banca

Doutora - Aline de Araújo Nunes - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutora - Ana Letícia Pilz de Castro (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutora - Maria Luiza Teófilo Gandini (Universidade Federal de Ouro Preto)

Aline de Araújo Nunes, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 09/09/2025



Documento assinado eletronicamente por **Aline de Araujo Nunes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/09/2025, às 12:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0975601** e o código CRC **E6424FC2**.

Dedico esse trabalho à minha querida e amada mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder forças e permitir obter esse tão almejado diploma. Aos meus pais, em especial à minha mãe Janine, por todo carinho e cuidado, e por ser um exemplo de força e resiliência. Aos meus irmãos, Luis Cláudio e Innara, por me incentivarem, espero ser um bom exemplo para vocês. Amoreco, muito obrigada por acreditar no meu potencial, por ser o meu amparo nos dias mais difíceis (e não foram poucos) e por jamais permitir que eu desistisse, essa conquista é nossa. Obrigada à família Marques do Reis por nos acolherem e mostrarem que o amor é algo inexplicável. Madrinha, Zezé, vovô Túlio, vovó Adair e tio Balú, gostaria que estivessem aqui para celebrarmos esta conquista, pois sem vocês isso não seria possível. Ao meu afilhado, por todo respeito, carinho e bons momentos.

Aos meus queridos amigos, que estiveram ao meu lado, compartilhando não apenas alegrias, mas também os desafios desta jornada. Obrigada por deixarem a vida mais leve e feliz, especialmente Marcela (por me incentivar a continuar e por nossas risadas), Amanda, Maithana, Viviane, Cássia, Jhoyce, Cláudia, Suellem (você faz muita falta) e Júlia — a sua ajuda foi essencial. Muito obrigada, mesmo.

Agradeço à minha orientadora Aline Nunes, por me ajudar a enxergar uma luz no fim do túnel e por não permitir que eu desanimasse ou desistisse. Seu profissionalismo, compromisso, paciência e dedicação foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. À UFOP, pelo ensino de qualidade e pelo auxílio por meio da bolsa-alimentação; à Fundação Gorceix, pelas bolsas concedidas e pelo curso de inglês — apoios que foram essenciais para que eu pudesse me dedicar aos estudos.

Obrigada Construtora AGD, em especial ao Danilo e família, pela oportunidade de emprego no momento em que mais precisei, pela convivência com pessoas incríveis que levarei para a vida e por despertar em mim a paixão pela área de obras. À Agência de Desenvolvimento Econômico de Ouro Preto (ADOP), ao meu gestor Vandeir Assis e à arquiteta Cristina Cairo, por acreditarem no meu trabalho, incentivarem meu crescimento profissional e pessoal e demonstrarem que, mesmo diante de desafios e imprevistos, é possível realizar um trabalho gratificante.

Por fim, meu agradecimento a todos que gostam de mim e que, de alguma forma, contribuíram para essa trajetória. Sinto que esta é apenas a primeira de muitas conquistas.

RESUMO

O crescimento urbano desordenado e a carência de um planejamento eficiente têm intensificado problemas recorrentes nas cidades brasileiras, como observado em Conselheiro Lafaiete (MG), onde a inexistência de um sistema de drenagem adequado favorece a ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes. O dimensionamento preciso dessas estruturas exige a determinação confiável da intensidade crítica de precipitação, obtida por meio da equação Intensidade–Duração–Frequência (IDF). Diante da ausência de uma equação oficial para o município, este estudo teve como objetivo ajustar uma equação IDF específica para a condição climatológica local e compará-la com a equação proposta por Macedo e Peixoto (2021), a fim de subsidiar o planejamento e a execução de obras de drenagem urbana. A partir de dados pluviométricos subdiários da estação São Sebastião (CEMADEN), procedeu-se à análise de estacionariedade de modo a identificar eventuais alterações nos padrões de chuva do local, seguida da aplicação de testes de aderência associados às distribuições de probabilidade avaliadas. A distribuição de valores extremos generalizada (GEV) apresentou o melhor desempenho, sendo adotada para o ajuste da equação. Assim, estimaram-se intensidades de precipitação para diferentes durações e tempos de retorno, posteriormente comparadas às da equação de referência para as durações de 10 e 60 minutos e 24 horas. Os resultados indicaram que a equação ajustada apresentou intensidades superiores, para tempos de retorno de 50 e 100 anos, destacando-se a duração de 10 minutos, com os respectivos valores relevantes de 41,19% e 74,56%, evidenciando maior capacidade de representar eventos extremos e de alto tempo recorrência. E para tempos menores, a equação de Macedo e Peixoto (2021) mostrou-se mais conservadora, característica vantajosa para a microdrenagem urbana. A incorporação desses parâmetros ao planejamento representa um avanço significativo para a gestão de águas pluviais do município. Além de oferecer suporte técnico para a elaboração do Plano Municipal de Desenvolvimento de Drenagem Urbana, a adoção da equação IDF ajustada e da equação de referência em aplicações complementares possibilita a concepção de sistemas mais eficientes.

Palavras-chaves: Chuvas Intensas; Planejamento Urbano; Drenagem Urbana.

ABSTRACT

Unplanned urban growth and the lack of effective planning have intensified recurring problems in Brazilian cities, as observed in Conselheiro Lafaiete (MG), where the absence of an adequate drainage system contributes to the occurrence of waterlogging, floods, and inundations. Accurate design of such infrastructure requires reliable estimation of critical rainfall intensity, typically obtained through the Intensity–Duration–Frequency (IDF) equation. Given the absence of an official IDF equation for the municipality, this study aimed to calibrate a specific IDF equation tailored to the local climatological conditions and to compare it with the equation proposed by Macedo and Peixoto (2021), in order to support the planning and implementation of urban drainage works. Using sub-daily rainfall data from the São Sebastião station (CEMADEN), a stationarity analysis was carried out to identify possible changes in the location's rainfall patterns, followed by the application of goodness-of-fit tests associated with the evaluated probability distributions. The Generalized Extreme Value (GEV) distribution yielded the best performance and was adopted for equation fitting. Based on this model, rainfall intensities were estimated for various durations and return periods and subsequently compared to the reference equation for durations of 10 and 60 minutes and 24 hours. The results indicated that, for return periods of 50 and 100 years, especially for the 10-minute duration, with relevant values of 41,19% and 74,56%, respectively, demonstrating a greater capability to represent extreme and high-recurrence events. On the other hand, for shorter return periods, the equation by Macedo and Peixoto (2021) proved to be more conservative—an advantageous feature for urban micro-drainage. The incorporation of these parameters into planning represents a significant advance for the municipality's stormwater management. In addition to providing technical support for the development of the Municipal Urban Drainage Development Plan, the complementary use of the adjusted and reference IDF equations enables the design of more efficient systems.

Keywords: Heavy Rainfall; Urban Planning; Urban Drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturas microdrenagem e macrodrenagem.....	22
Figura 2 – Pluviômetro tipo Ville de Paris.	24
Figura 3 – Pluviômetro automático.	25
Figura 4 - Fluxograma da metodologia.	30
Figura 5 - Mapa da microrregião de Conselheiro Lafaiete.	31
Figura 6 - Mapa da hidrografia principal de Conselheiro Lafaiete.....	32
Figura 7 - Ponte da rua Doutor Campolina fica destruída após enchente de 1929.	34
Figura 8 - Mapa das estações pluviométricas de Conselheiro Lafaiete.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados das estações pluviométricas - Conselheiro Lafaiete.....	35
Tabela 2 – Valores de intensidades de precipitação.....	42
Tabela 3 - Classificação das distribuições em relação a duração das chuvas. ..	46
Tabela 4 - Classificação das distribuições em relação a duração das chuvas. ..	47
Tabela 5 - Parâmetros de forma, escala e posição.....	48
Tabela 6 - Quantis da distribuição GEV.....	49
Tabela 7 - Log dos quantis da distribuição GEV.....	49
Tabela 8 – Logaritmo da soma do parâmetro c e duração.	51
Tabela 9 - Parâmetros A, d e log T.....	51
Tabela 10 - Parâmetros individuais da IDF.....	52
Tabela 11 – Intensidades de chuva (mm/h) para Conselheiro Lafaiete.	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise de tendência para as intensidades máximas de chuva.	43
Gráfico 2 - Análise de tendência para as intensidades máximas de chuva.	44
Gráfico 3 - Linearização - intensidade (i), duração (T) e parâmetro c.....	50
Gráfico 4 - Linearização Log A x Log T.....	52
Gráfico 5 - Intensidades de chuva com duração de 10 minutos.	54
Gráfico 6 - Intensidades de chuva com duração de 60 minutos.	54
Gráfico 7 - Intensidades de chuva com duração de 24 horas.	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	JUSTIFICATIVA	16
3	OBJETIVO	17
3.1	Objetivo geral.....	17
3.2	Objetivos específicos.....	17
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
4.1	O processo de urbanização e o impacto na drenagem urbana	18
4.2	Precipitação e monitoramento	22
4.3	Chuvas intensas e alterações climáticas	25
4.4	Análise de séries temporais de chuva	28
5	METODOLOGIA	30
5.1	Caracterização da área de estudo.....	30
5.1.1	Cheias urbanas	33
5.2	Obtenção de dados pluviométricos e análise preliminar.....	34
5.3	Análise de estacionariedade.....	37
5.4	Ajuste da equação IDF para Conselheiro Lafaiete	37
5.5	Atualização da equação IDF como ferramenta para auxiliar na elaboração de instrumentos normativos para a drenagem urbana.....	39
6	RESULTADOS.....	41
6.1	Obtenção e análise dos dados pluviométricos para Conselheiro Lafaiete	41

6.2	Análise de estacionariedade.....	43
6.3	Ajuste da equação IDF para Conselheiro Lafaiete	45
6.4	Análise comparativa entre a IDF ajustada e a IDF de Macedo e Peixoto (2021)	53
7	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização no Brasil frequentemente negligenciam aspectos ambientais, culturais e sociais nas práticas de planejamento e projeto da paisagem urbana. Além disso, o planejamento urbano, quando realizado, muitas vezes é subvalorizado e não implementado conforme previsto (Tebaldi et al., 2018), resultando em aglomerações urbanas cuja infraestrutura não acompanha o ritmo de crescimento das cidades.

O crescimento populacional desordenado tem impactado amplamente a sociedade, em especial pela marginalização de parcelas da população urbana, submetidas à ocupação de áreas de risco e à construção de moradias em locais ambientalmente frágeis, comprometendo solos e cursos d'água (Paulo, 2018). Em Conselheiro Lafaiete (MG), esse cenário se repete, com ocupações irregulares nas margens e no leito maior do ribeirão Bananeiras, realizadas de forma inadequada e sem o devido controle (FJP, 2022).

De acordo com Paulo (2018), a crescente pavimentação das áreas verdes reduz a preservação das florestas nativas e das matas ciliares, impermeabilizando o solo e comprometendo sua capacidade de infiltração. Salomão (2010) complementa que a ampliação das áreas construídas e pavimentadas intensifica significativamente o volume e a velocidade do escoamento superficial, potencializando riscos de acidentes, movimentos de massa e desmoronamentos.

As mudanças climáticas, associadas ao aumento da urbanização, contribuem para a ocorrência de cheias urbanas, uma vez que a impermeabilização diminui a infiltração de água nas áreas urbanizadas (Tucci, 2005). Essas alterações no ciclo hidrológico favorecem a ocorrência de eventos extremos, como ondas de calor, secas, inundações (Marengo, 2008), alagamentos e enchentes, muitas vezes relacionados a falhas nos sistemas de drenagem (Farias; Mendonça, 2022).

Atualmente, as inundações urbanas configuram-se como um dos principais problemas das cidades, ocorrendo quando o uso e ocupação do solo modificam os padrões naturais de escoamento das bacias hidrográficas e excedem a capacidade

de suporte da infraestrutura existente, resultando em degradação ambiental e elevadas perdas econômicas em escala global (Tebaldi et al., 2018).

Nesse contexto, a recorrência de eventos extremos evidencia a fragilidade da infraestrutura urbana e reforça a necessidade de integrar a drenagem ao planejamento urbano. Estudos hidrológicos, como a análise das variáveis precipitação e vazão, representam ferramentas essenciais nesse processo (Medeiros et al., 2020). A equação Intensidade–Duração–Frequência (IDF) se destaca como instrumento amplamente empregado no dimensionamento de sistemas de drenagem, pois estabelece uma relação entre a intensidade da precipitação, sua duração e a probabilidade de ocorrência, permitindo projetar estruturas com capacidade de suportar eventos de diferentes magnitudes (Fernandes; Filgueira; Silva, 2017; Silva, 2022).

No caso de Conselheiro Lafaiete, os impactos da urbanização — marcados pelo crescimento acelerado e pela verticalização da zona urbana — têm agravado os episódios de inundação, sobretudo no ribeirão Bananeiras, que corta a cidade no sentido Sul–Norte. A inexistência de uma equação IDF oficial para o município compromete o adequado dimensionamento e planejamento da rede de drenagem. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma equação IDF ajustada para Conselheiro Lafaiete (MG), visando fornecer subsídios técnicos para o planejamento, dimensionamento e gestão eficiente da infraestrutura de drenagem urbana.

2 JUSTIFICATIVA

Conselheiro Lafaiete, assim como diversas cidades brasileiras, enfrenta de forma recorrente problemas de alagamentos e inundações durante períodos de chuvas intensas, atingindo tanto áreas densamente edificadas da zona urbana quanto trechos da rodovia BR-040. Eventos expressivos ocorreram em 2012, 2020, 2024 e 2025 (G1, 2012; TV Alterosa, 2012; Prefeitura de Conselheiro Lafaiete, 2021; Itatiaia, 2024; Lafaiete Agora, 2025), com registros de transbordamento do ribeirão Bananeiras, chuvas muito acima da média histórica, interdição de vias e alagamentos no centro da cidade e em bairros adjacentes. Esses episódios causaram transtornos significativos à mobilidade urbana, prejuízos ao comércio e riscos à segurança da população.

Entre os fatores que contribuem para a recorrência desses eventos destacam-se o crescimento urbano desordenado, a insuficiência e obsolescência da infraestrutura de drenagem e os efeitos das mudanças climáticas, que intensificam a frequência e a magnitude das chuvas. A rede de drenagem existente não comporta o escoamento do volume excedente de águas pluviais, agravando os impactos sobre áreas vulneráveis.

No início de 2025, a Câmara Municipal apresentou dois projetos de lei visando instituir o Plano Municipal de Desenvolvimento de Drenagem Urbana, baseado no conceito de “Cidades-esponja”, e criar mecanismos sustentáveis para a gestão das águas pluviais, com foco na redução de áreas sujeitas a alagamentos e no aumento da capacidade de captação e escoamento. Contudo, como as propostas ainda não foram aprovadas, permanece a necessidade de estudos técnicos que subsidiem a formulação de políticas públicas e intervenções eficazes.

Nesse contexto, a determinação de uma equação IDF atualizada para o município se apresenta como instrumento essencial para o planejamento e o dimensionamento adequado dos sistemas de drenagem, permitindo à gestão municipal adotar soluções baseadas em dados hidrológicos consistentes e adequados à realidade local.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo geral determinar, com base na análise de séries históricas de dados pluviométricos, os parâmetros da equação Intensidade–Duração–Frequência (IDF) para o município de Conselheiro Lafaiete (MG).

3.2 Objetivos específicos

- Propor uma equação IDF para a cidade de Conselheiro Lafaiete com base em dados atualizados de chuva;
- Comparar a equação sugerida com a equação apresentada por Macedo e Peixoto (2021);
- Verificar as normativas do município relativas à drenagem urbana.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão de literatura foi estruturada para compreender de forma integrada a relação entre urbanização, dinâmica hidrológica e gestão da drenagem urbana, organizando-se em quatro eixos interligados: (i) o processo histórico de urbanização e seus impactos sobre o uso do solo e a sobrecarga dos sistemas de micro e macrodrenagem; (ii) os conceitos de precipitação e métodos de monitoramento pluviométrico, essenciais para o planejamento e a prevenção de eventos extremos; (iii) a caracterização das chuvas intensas, com destaque para as equações Intensidade–Duração–Frequência (IDF) e a influência das mudanças climáticas sobre a frequência e magnitude desses eventos; e (iv) a aplicação da análise de séries temporais de chuva, por meio de métodos estatísticos paramétricos e não paramétricos, visando identificar tendências, sazonalidades e padrões capazes de subsidiar o dimensionamento de obras hidráulicas e a formulação de políticas públicas mais resilientes frente às demandas crescentes da urbanização e às incertezas climáticas.

4.1 O processo de urbanização e o impacto na drenagem urbana

Desde os primórdios, o ser humano organiza-se em comunidades, o que inevitavelmente gera conflitos de interesse, demandando a presença de um terceiro para mediar e solucionar essas questões (Paulo, 2018). O domínio do fogo e o aperfeiçoamento de técnicas rudimentares de cultivo possibilitaram o abandono da vida nômade e criaram condições para o surgimento e crescimento das primeiras cidades (Maluf, 2010).

No período feudal, segundo Costa (2013), o aumento populacional, os avanços em diversas áreas e a produção excedente impulsionaram os feudos a buscar novas formas de comercialização, expandindo seus horizontes e fomentando o surgimento dos burgos — pequenas aglomerações que, posteriormente, evoluiriam para cidades. Desde essas fases iniciais de organização social, já se observavam impactos ambientais decorrentes da ação humana, como registrado nos anos de 1314 e 1315, quando colheitas desastrosas, resultantes de alterações climáticas, foram associadas

ao aumento exponencial da produção agrícola e à ampliação de áreas cultivadas por meio de desmatamento desordenado (Costa, 2013).

Com a Revolução Industrial, o crescimento demográfico urbano intensificou-se significativamente, motivado pela criação de empregos e pela instalação de fábricas nos perímetros urbanos (Gomes; Pinto, 2020). Conforme destaca Scopel (2018), a expansão dos centros urbanos esteve diretamente ligada ao desenvolvimento das máquinas e da indústria. No entanto, esse processo alterou a organização do trabalho, elevou a demanda por moradia (Hobsbawn, 2011) e contribuiu para problemas ambientais, como o aumento do volume de resíduos sólidos e o descarte inadequado de esgoto e detritos no meio ambiente — apontados como causas relevantes de degradação ambiental (Bizawu; Gomes, 2016).

O desenvolvimento das cidades brasileiras seguiu dinâmica semelhante à de outros países, marcado pela migração do campo para os primeiros núcleos operários (Paulo, 2018). Esse deslocamento desordenado, aliado à ausência de planejamento urbano, resultou na marginalização de grupos populacionais e em complexos problemas sociais e ambientais (Gomes; Pinto, 2020). A falta de planejamento adequado favoreceu o crescimento demográfico acelerado, a degradação ambiental e a ocupação irregular de áreas de risco, comprometendo solos e cursos d'água próximos (Paulo, 2018).

Com o intuito de conter esse crescimento desordenado, o Estado passou a propor instrumentos de planejamento e normas para regulamentar o uso e ocupação do solo, bem como diretrizes construtivas que assegurassem o bem-estar coletivo e o equilíbrio ambiental, mesmo que fosse necessário intervir no exercício do direito de propriedade (Maluf, 2010). Entre os principais dispositivos legais, destacam-se: o Art. 147 da Constituição Federal de 1988; os Arts. 1.228 e 1.229 do Código Civil de 2002; a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade); e o Plano Diretor, que estabelece normas de zoneamento urbano e diretrizes para o uso e ocupação do solo, visando um crescimento ordenado e ambientalmente equilibrado (Gomes; Pinto, 2020).

Segundo Gomes e Pinto (2020), quando o Estado assume a responsabilidade de controlar e restringir o crescimento urbano, institui-se um processo de planejamento voltado ao desenvolvimento sustentável. Contudo, quando essas leis são aplicadas de forma seletiva ou em função de interesses particulares, o Plano Diretor tende a se desvincular de sua função de gestão urbana.

As atividades humanas exercem influência direta sobre o uso e a ocupação do solo, e a urbanização está entre as que mais contribuem para alterações nas características originais da paisagem (Miguez, 2015). Entre os impactos associados, destacam-se a redução da infiltração, o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, a antecipação e intensificação dos picos de cheias e a canalização de cursos d'água, o que compromete a capacidade dos sistemas de drenagem e aumenta a incidência de inundações, especialmente em áreas ribeirinhas (Baptista; Nascimento, 2002; Baptista; Cardoso, 2013). Para Pompêo (2000), as enchentes induzidas pela urbanização podem ter como causas o parcelamento excessivo do solo, a impermeabilização de grandes áreas, a ocupação de várzeas e zonas alagadiças, além de obstruções e inadequações nas obras de drenagem.

Com o objetivo de mitigar tais problemas, Nascimento et al. (2017) destacam que já na Idade Média foram desenvolvidos sistemas de drenagem, aprimorados ao longo dos séculos por avanços tecnológicos que permitiram seu dimensionamento empírico. Embora inicialmente concebida como solução de curto prazo, a drenagem convencional mostrou-se insuficiente diante da urbanização crescente, contribuindo para o agravamento das enchentes, especialmente devido ao acúmulo de lixo nas redes e canais, que obstrui o fluxo e potencializa os alagamentos (Riguetto; Moreira; Sales, 2019).

Segundo Pompêo (2000), os primeiros sistemas de drenagem de grande porte eram compostos por galerias pluviais projetadas para melhorar o fluxo dos corpos hídricos, aumentar as seções transversais de canais, cortar meandros, canalizar rios

e retificar ou alterar declividades de fundos de vale, visando escoar as águas das áreas urbanizadas e controlar o fluxo nas calhas.

Atualmente, a drenagem urbana divide-se em dois subsistemas:

- **Microdrenagem**, responsável por captar e conduzir as águas pluviais dentro das áreas urbanizadas até as estruturas de macrodrenagem, reduzindo alagamentos localizados.
- **Macro drenagem**, que atua em escala de bacia hidrográfica, por meio de grandes estruturas destinadas a controlar o volume transportado por cursos d'água e proteger áreas urbanas e rurais contra enchentes.

Ambos os sistemas possuem funções complementares, sendo fundamentais para o controle do escoamento, a redução de inundações, a prevenção da erosão e a mitigação da poluição, conforme ilustrado na Figura 1 (Oliveira et al., 2025).

Dessa forma, verifica-se que a intensificação do processo de urbanização exerce impacto direto sobre o manejo das águas pluviais, uma vez que grande parte dos sistemas de drenagem encontra-se atualmente sobrecarregada. Torna-se, portanto, imprescindível a disponibilização de recursos adequados e o estabelecimento de instrumentos legais que assegurem aos municípios condições para uma gestão e operação eficientes dessas infraestruturas.

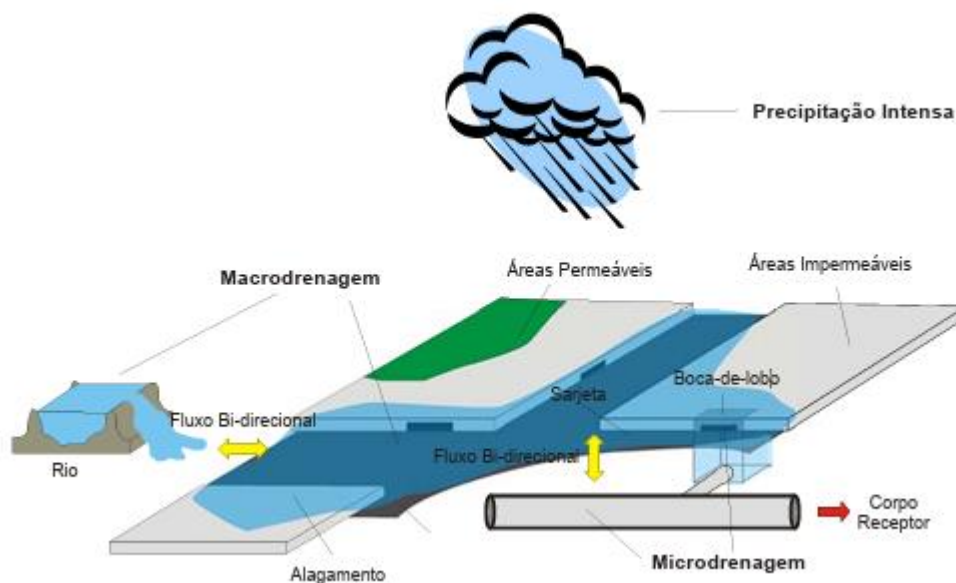


Figura 1 – Estruturas microdrenagem e macrodrenagem.

Fonte: Meller (2004).

4.2 Precipitação e monitoramento

O Serviço Geológico do Brasil (SGB) define o ciclo hidrológico como:

Sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e daí para os continentes, de onde retorna, superficial ou subterraneamente, ao oceano. Esse ciclo é governado no solo e subsolo pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e pela densidade de cobertura vegetal; e a atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos), pelos elementos e fatores climáticos, como, por exemplo, temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar e insolação, que são os responsáveis pelos processos de circulação da água dos oceanos para a atmosfera em uma dada latitude terrestre (BRASIL, 2025).

O ciclo hidrológico é composto por processos fundamentais como precipitação, evapotranspiração real, deflúvio e infiltração. A precipitação consiste na queda de água proveniente da condensação do vapor atmosférico sobre a superfície terrestre, podendo ocorrer em estado líquido ou sólido, sob formas como chuva, granizo, neve, neblina, orvalho ou geada segundo (Pinto, 2014). A intensidade e o volume de precipitação variam entre regiões e podem desencadear desastres naturais — no Brasil, os mais recorrentes incluem estiagem e seca, enxurradas, inundações,

alagamentos, granizo, movimentos de massa (deslizamentos e erosões) e geadas (UFSC, 2013).

Embora a precipitação seja essencial para a manutenção da vida, eventos de chuva intensa podem gerar consequências severas, como inundações e deslizamentos de terra, frequentemente observados em diferentes regiões do país e responsáveis por prejuízos econômicos e perdas humanas. As inundações, em geral, ocorrem quando áreas secas recebem precipitação extrema, ocasionando acúmulo rápido de água. Já os deslizamentos tendem a ocorrer em encostas vulneráveis, saturadas por chuvas intensas e/ou prolongadas (NASA, 2016).

A classificação das chuvas é determinada pelas condições que promovem o movimento ascendente do ar, resultantes de convecção térmica, relevo ou interação de massas de ar, como descrito a seguir:

- **Chuvas convectivas:** provocadas pela ascensão rápida e intensa de ar menos denso, típicas de regiões tropicais, com elevada intensidade, curta duração e abrangência espacial limitada.
- **Chuvas orográficas:** decorrentes da ascensão de correntes de ar úmido forçadas por barreiras naturais, caracterizam-se por baixa intensidade, longa duração e ocorrência localizada.
- **Chuvas ciclônicas ou frontais:** associadas ao encontro de massas de ar com diferentes temperaturas e umidades, apresentam duração prolongada, intensidade baixa a moderada e abrangência de grandes áreas, sendo responsáveis por volumes significativos de precipitação (Barbosa Júnior, 2022).

O monitoramento da intensidade das chuvas é ferramenta essencial para compreender e prever inundações e deslizamentos, empregando-se para isso pluviômetros terrestres, imagens e dados de satélite, que permitem diagnósticos precisos de risco (NASA, 2016). A medição do volume de chuva pontual é realizada por equipamentos como pluviômetros e pluviógrafos. Os pluviômetros podem ser convencionais (Figura 2) — como os tipos Ville de Paris, Paulista e Casella —, que registram o volume precipitado, ou automáticos (Figura 3), que também medem horário, duração e intensidade da chuva (Barbosa Júnior, 2022). Já o pluviógrafo

registra automaticamente a variação da precipitação ao longo do tempo, sendo instalado em postos pluviométricos supervisionados periodicamente por equipes técnicas (Barbosa Júnior, 2022).

Por se tratar de um fenômeno aleatório, a análise da frequência das precipitações é fundamental para compreender tendências climáticas, subsidiar o planejamento de aproveitamento de recursos hídricos, dimensionar obras de controle de cheias e prever eventos extremos. Nesse sentido, instituições como a Agência Nacional de Águas (ANA), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) utilizam dados pluviométricos para apoiar ações preventivas, reduzir impactos sobre a drenagem urbana e aprimorar a gestão de riscos associados às chuvas intensas.



Figura 2 – Pluviômetro tipo Ville de Paris.

Fonte: Barbosa Júnior, 2022.



Figura 3 – Pluviômetro automático.

Fonte: CEMADEN, 2015.

4.3 Chuvas intensas e alterações climáticas

A precipitação pluvial é o principal fenômeno responsável pela geração do escoamento superficial, contribuindo diretamente para a vazão dos cursos d'água (Pinto, 2014). Quando ocorre em excesso ou de forma insuficiente, pode desestabilizar o sistema climático e ocasionar danos significativos, tanto humanos quanto materiais (Petrucci; Oliveira, 2019). Segundo Silva et al. (2003), as chamadas chuvas intensas — também denominadas extremas ou máximas — são aquelas cujos valores de precipitação ultrapassam um determinado limiar mínimo dentro de um intervalo específico de tempo.

A distribuição da precipitação não é homogênea no tempo e no espaço, podendo variar quanto à duração, intensidade e frequência, mesmo durante um único evento (Holtz, 1976; Bertoni; Tucci, 2004; Varejão-Silva, 2006). De acordo com Mello e Silva (2013), o estudo das precipitações máximas é fundamental para identificar valores diários extremos, sua frequência de ocorrência e, conseqüentemente, para a determinação de equações de chuvas intensas.

Esses estudos têm aplicação direta no dimensionamento de obras de engenharia, especialmente no campo da drenagem urbana (Silva; Araújo, 2013). A caracterização das chuvas intensas é utilizada no projeto hidráulico de diferentes estruturas, como galerias de águas pluviais, canalizações, bueiros, vertedores e canais de irrigação (Martinez Júnior; Magni, 1999), permitindo prever eventos hidrológicos extremos com maior precisão e compreender melhor seus impactos (Cruciani; Machado; Sentelhas, 2002).

A equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) estabelece a relação entre a intensidade da chuva, sua duração e a frequência de ocorrência, possibilitando estimar precipitações máximas e caracterizar o regime de eventos extremos (Campos-Aranda, 1978; Koutsoyiannis; Kozonis; Manetas, 1998; Mohymont; Demar'ee; Faka, 2004; Back; Oliveira; Henn, 2012). As curvas IDF são ferramentas essenciais para o dimensionamento de sistemas de drenagem, bacias de retenção e redes de escoamento superficial, pois permitem projetar estruturas capazes de suportar precipitações extremas, evitando inundações e prejuízos à infraestrutura urbana (Pereira, 2023).

A formulação da IDF pode ser expressa conforme a Equação 1 (Colombelli; Mendes, 2013):

$$i = \frac{a \times T^b}{(t+c)^d} \quad (1)$$

Onde:

i = intensidade da precipitação (mm/h);

T = tempo de retorno (anos);

t = duração da precipitação (minutos);

a, b, c, d = parâmetros de ajuste da IDF para cada local.

A determinação dos parâmetros de ajuste da IDF por localidade se dá a partir da análise de registros obtidos por pluviômetros ou pluviógrafos. Entretanto, é necessário cuidado com a precisão das medições, pois fatores como velocidade do vento, evaporação, altura de instalação e experiência do observador podem introduzir erros

(Ayoade, 2007). No caso de pluviômetros convencionais, realiza-se a desagregação dos dados de precipitação diária para estimar intensidades em intervalos menores, possibilitando a elaboração de curvas IDF específicas (Batista, 2013; Weschenfelder, 2017).

A atualização periódica das equações IDF é imprescindível, visto que o uso de curvas defasadas pode levar ao subdimensionamento de obras hidráulicas e ao consequente aumento do risco de falhas (Zuffo, 2004). No Brasil, contudo, apenas 694 municípios dispõem de IDF própria (Brasil, 2025), recorrendo-se frequentemente a parâmetros de localidades vizinhas, apesar de cada área possuir características pluviométricas singulares (Almeida, 2020).

O Relatório de Síntese AR6 (IPCC, 2023) aponta que as mudanças climáticas estão provocando transformações rápidas na atmosfera, oceano, criosfera e biosfera, resultando em eventos meteorológicos e hidrológicos extremos, como aumento da frequência e intensidade das chuvas fortes, elevação do nível do mar e ocorrência mais frequentes de ondas de calor. A intensificação do ciclo hidrológico global tende a ampliar a variabilidade das precipitações, inclusive nas monções e eventos extremos de seca ou excesso hídrico.

No Brasil, entre 1991 e 2024, foram registrados cerca de 35,48 mil eventos climatológicos, 27,67 mil hidrológicos e 7,98 mil relacionados a chuvas intensas (Brasil, 2025). Um exemplo recente é a catástrofe ocorrida no Rio Grande do Sul, em 2024, que resultou em 183 mortes, 27 desaparecidos e prejuízos superiores a R\$ 110 bilhões (Oliveira et al., 2025). Esses números evidenciam a vulnerabilidade das cidades brasileiras diante das mudanças climáticas e reforçam a necessidade de medidas preventivas e de adaptação.

Com o crescimento urbano desordenado, a ocorrência de chuvas intensas pode desencadear alagamentos, enxurradas, inundações e movimentos de massa, tornando urgente a reorganização e o fortalecimento da gestão hídrica no país. Em um cenário de mudanças climáticas, esses eventos tendem a se tornar mais frequentes e severos, especialmente nos centros urbanos (Oliveira et al., 2025).

4.4 Análise de séries temporais de chuva

As séries temporais correspondem a um conjunto de observações de uma variável registradas em períodos sucessivos, ao longo de um intervalo de tempo definido (Morettin; Toloi, 1981). Sua metodologia consiste em analisar os valores atuais de uma variável com base nos valores passados dessa mesma variável, podendo também considerar dados históricos de outras variáveis e erros aleatórios, tanto do passado quanto do presente. Assume-se, assim, que os fatores que influenciaram o comportamento da série no passado continuarão exercendo influência no futuro (Stevenson, 1981). Essa abordagem é amplamente utilizada em diferentes áreas, pois a identificação da dependência temporal permite prever comportamentos futuros e subsidiar processos de tomada de decisão (Nunes; Silva, 2022).

Segundo Chatfield (2016), as séries temporais podem ser classificadas em contínuas e discretas. As contínuas são observadas ininterruptamente ao longo do tempo, enquanto as discretas são registradas em momentos específicos, geralmente equiespaçados. Em ambos os casos, a análise se concentra nas características das observações obtidas.

De acordo com Caminha et al. (2025), a escolha do método de análise de séries temporais depende da natureza dos dados e dos objetivos do estudo. Esses métodos possibilitam identificar tendências, remover componentes periódicos e capturar padrões sazonais, sendo amplamente aplicados na previsão de variações hidrológicas a partir de observações passadas (Masum et al., 2022; Rawat et al., 2022).

Para Naghettini e Pinto (2007), fenômenos hidrológicos estão associados às distribuições de probabilidade espaço-temporal de variáveis aleatórias, tanto no que se refere à quantidade quanto à qualidade da água precipitada. A análise de tendências nessas séries pode ser realizada por meio de testes estatísticos paramétricos e não paramétricos.

Nos testes paramétricos, assume-se que a amostra segue uma distribuição previamente conhecida, como a distribuição normal, gama ou de valores extremos (Thom, 1966; Naghettini; Pinto, 2007). Contudo, estudos como o de Souza Filho e Lall (2004) apontam limitações no uso exclusivo de testes paramétricos para previsão de

vazões sazonais e interanuais, especialmente devido à assimetria dos dados de precipitação, presença de vazões nulas e relações não lineares entre vazão e índices climáticos.

Já os testes não paramétricos não exigem um modelo de distribuição pré-definido, baseando-se em hipóteses como aleatoriedade, independência, homogeneidade e estacionariedade (Naghetini; Pinto, 2007). Entre os mais utilizados para variáveis hidrológicas destacam-se os testes de Mann-Kendall, Pettitt e Spearman's Rho (Yue et al., 2002; Wilks, 2006). Apesar de sua flexibilidade, apresentam limitações, como restrições na estimativa de densidade de probabilidade e na regressão, especialmente quando há grande amplitude de dados, alta dimensionalidade e séries curtas (Souza, 2015).

O princípio da estacionariedade, amplamente aplicado na análise de séries temporais (Costa, 2019), pressupõe que as propriedades estatísticas da série não se alteram ao longo do tempo (Barbosa Filho, 2023), conferindo maior precisão e confiabilidade aos testes (Souza; Cruz; Tucci, 2012). No entanto, séries não estacionárias — nas quais as propriedades estatísticas variam — são comuns, devido à influência de tendências, sazonalidades, mudanças estruturais e erros de medição (Santos et al., 2016; Bartiko, 2020).

No contexto atual de mudanças climáticas, alterações significativas nos padrões hidrológicos têm sido observadas, tornando fundamental a análise de séries temporais para identificar padrões e variações ao longo dos anos. Esse tipo de estudo contribui para previsões mais precisas de eventos extremos (Blöschl et al., 2017), especialmente em áreas urbanas, onde problemas de drenagem tendem a ser mais frequentes e complexos (Nunes, 2018).

5 METODOLOGIA

Considerando os objetivos deste estudo, a Figura 4 ilustra o fluxograma das etapas metodológicas realizadas durante o seu desenvolvimento.

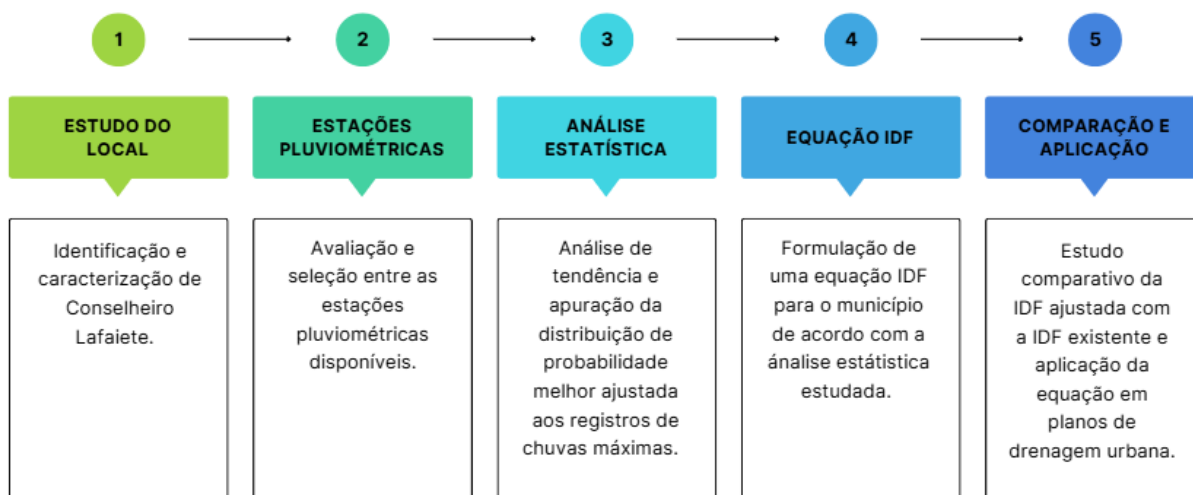


Figura 4 - Fluxograma da metodologia.

Fonte: Elaborado pela autora; 2025.

5.1 Caracterização da área de estudo

Conselheiro Lafaiete é um município localizado na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais, com população estimada em 137.980 habitantes em 2024 e área territorial de 370,246 km² (IBGE Cidades, 2023). Situada a aproximadamente 96 km da capital mineira, a cidade consolidou-se como um importante polo regional, favorecida por sua posição estratégica e pelas intensas dinâmicas de migração observadas entre os municípios da microrregião — que incluem Ouro Branco, Congonhas, Entre Rios de Minas, Cristiano Ottoni, São Brás do Suaçuí, Queluzito, Desterro de Entre Rios, Itaverava, Casa Grande, Santana dos Montes e Catas Altas da Noruega (Figura 5). Nos períodos de 1986–1991 e 1995–2000, a localização central de Conselheiro Lafaiete contribuiu para sua acelerada urbanização e para o crescimento demográfico, impulsionados pela presença de atividades econômicas diversificadas, como agropecuária, comércio, serviços e

indústria, setores que desempenham papel fundamental na geração de emprego e renda (Amaral et al., 2012).

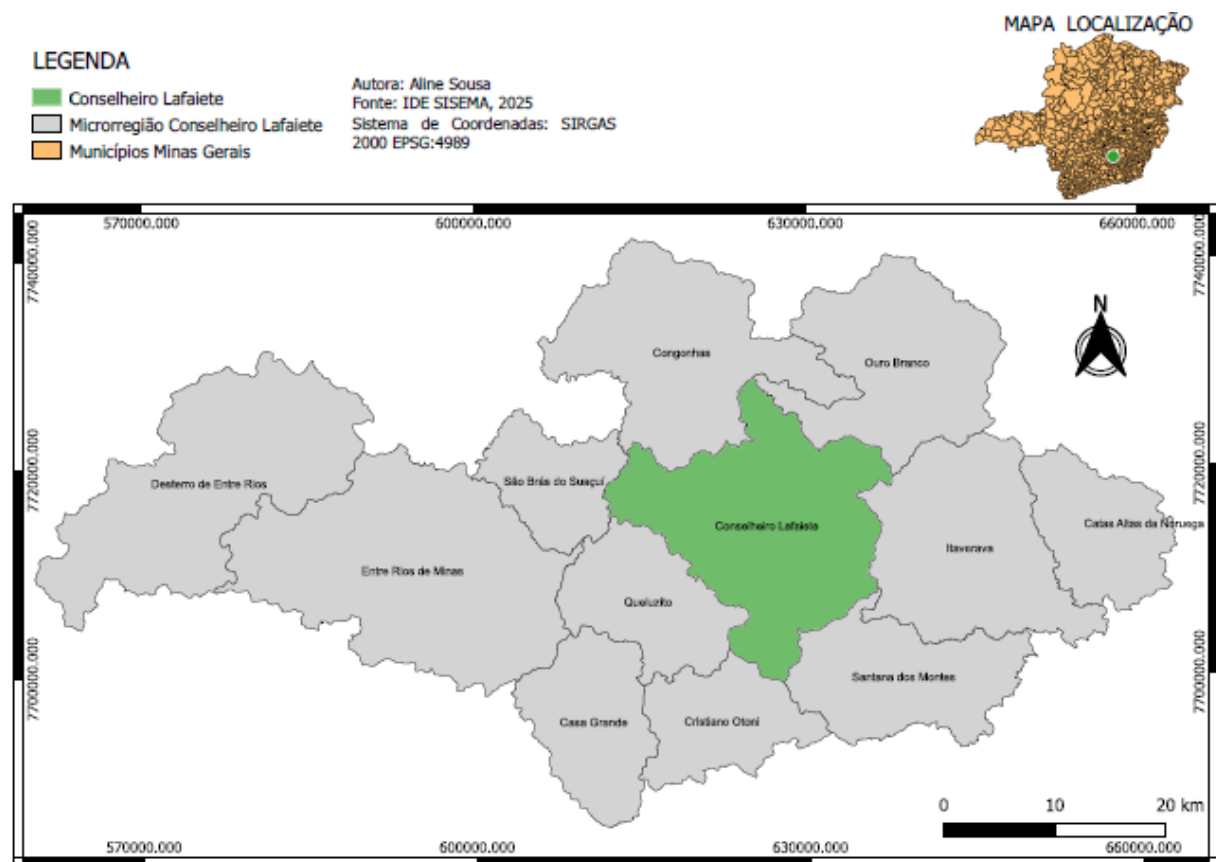


Figura 5 - Mapa da microrregião de Conselheiro Lafaiete.

Fonte: Elaborado pela autora; 2025.

Com o objetivo de promover um adensamento urbano mais equilibrado, considerando as condições de ocupação e o uso do solo nas zonas urbanas, o município de Conselheiro Lafaiete estabeleceu um conjunto de zoneamentos específicos: Zonas Residenciais (ZR 1 a 4), Zona Residencial Especial (ZRE), Zonas Comerciais (ZC 1 a 5), Zonas Comerciais Especiais (ZCE 1 e 2), Zona de Uso Múltiplo (ZUM), Zona Industrial (ZI), Zonas Especiais (ZE 1 e 2), Zona de Expansão Urbana, Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) e Zona de Preservação Histórica e Arquitetônica (Município de Conselheiro Lafaiete, 2019).

Assim como ocorreu em diversas cidades brasileiras, o processo de crescimento urbano de Conselheiro Lafaiete desenvolveu-se a partir das margens do ribeirão

Bananeiras (Figura 6), pertencente à bacia do rio São Francisco e com 57,42 km de extensão. O curso d'água nasce no distrito de Buarque de Macedo, atravessa diferentes bairros do município e deságua no distrito de Caetano Lopes, em Jeceaba (Teixeira; Ferreira; Lima, 2021). Grande parte da urbanização consolidou-se ao longo das margens e vertentes do ribeirão, acompanhada pela implantação de dois importantes eixos de infraestrutura: a linha férrea e a Rodovia Federal BR-040 (FJP, 2022).

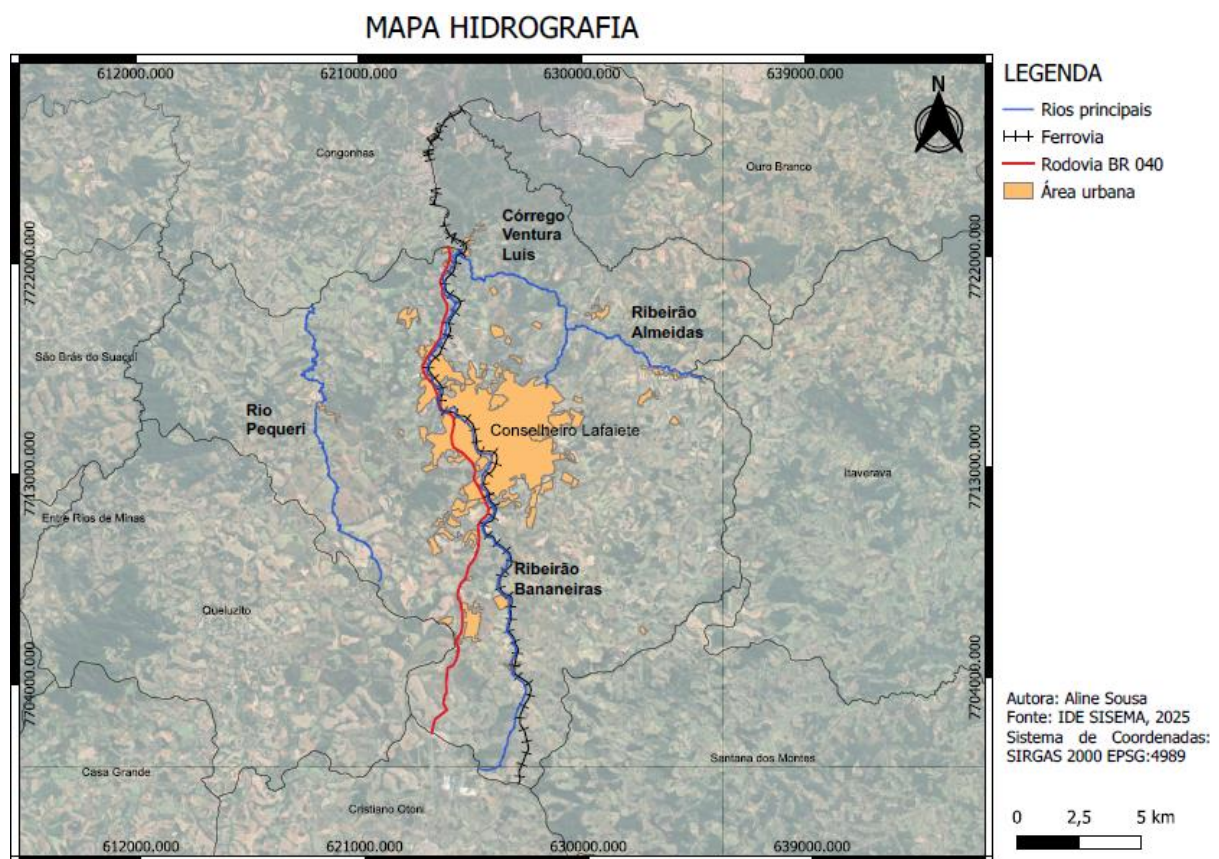


Figura 6 - Mapa da hidrografia principal de Conselheiro Lafaiete.

Fonte: Elaborado pela autora; 2025.

Além de desempenhar papel essencial no abastecimento de água do município, o ribeirão Bananeiras também se configura como fonte recorrente de problemas hidrológicos durante o período chuvoso. A elevação do nível de suas águas provoca inundações, enchentes e alagamentos, além de contribuir para a instabilidade de

encostas e taludes, sobretudo nas áreas densamente edificadas, ocasionando expressivos prejuízos socioeconômicos, materiais e imateriais.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, Conselheiro Lafaiete apresenta clima Cwb – subtropical de altitude, caracterizado por inverno seco e verão ameno, com precipitação média anual de 1.360 mm e dezembro como o mês mais chuvoso (CLIMATE-DATA, 2025). Inserido na unidade geomorfológica do Planalto dos Campos das Vertentes, o município possui altitudes que variam entre 870 m e 1.158 m, integrando o bioma Mata Atlântica (FJP, 2022).

5.1.1 Cheias urbanas

Os eventos de cheia em áreas urbanas têm ocorrido com frequência crescente, sendo amplamente associados ao processo de urbanização acelerada. Essas ocorrências resultam, em grande parte, de precipitações intensas, nas quais a capacidade de infiltração do solo é insuficiente e/ou o sistema de drenagem urbana não consegue escoar o volume de água de forma eficiente (Canholi, 2013). A impermeabilização progressiva do solo — causada por intervenções como pavimentação de ruas e calçadas, implantação de áreas de estacionamento e adensamento construtivo — agrava esse cenário ao reduzir significativamente a absorção hídrica (Campana, 1995).

Outro fator determinante é o subdimensionamento das redes de drenagem, que, diante de eventos pluviométricos intensos, não conseguem promover o escoamento adequado, ocasionando acúmulo de água em áreas de baixada e nas proximidades de cursos d'água (Giarola; Neto; Paula, 2017). Em Conselheiro Lafaiete, registros históricos apontam a ocorrência de cheias nos anos de 1928, 1929, 1979, 2008, 2009, 2012, 2015, 2020, 2021, 2024 e 2025, todas gerando prejuízos materiais e imateriais à população. Um exemplo emblemático foi a enchente de 1929, que destruiu a ponte da rua Doutor Campolina (Figura 7) (Histórias de Lafaiete, 2017).

Considerando o aumento da frequência desses eventos, especialmente nas últimas décadas, torna-se imprescindível adotar medidas preventivas e estruturais para mitigação dos impactos em períodos de cheia, aliadas à análise dos efeitos das mudanças climáticas sobre a intensidade e a frequência das precipitações. Nesse

contexto, a formulação de equações Intensidade–Duração–Frequência (IDF), fundamentadas nos registros históricos de chuvas máximas, representa uma ferramenta estratégica para subsidiar o planejamento e a gestão do sistema de drenagem urbana, contribuindo para a redução dos riscos e danos decorrentes de desastres hidrológicos no município.



Figura 7 - Ponte da rua Doutor Campolina fica destruída após enchente de 1929.

Fonte: Histórias de Lafaiete, 2017.

5.2 Obtenção de dados pluviométricos e análise preliminar

Para a obtenção dos dados de precipitação utilizados neste estudo, foram inicialmente consultadas as bases digitais do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da plataforma ANA-Hidroweb. Contudo, devido à limitada disponibilidade e à descontinuidade de registros nas demais fontes, optou-se por utilizar exclusivamente as informações fornecidas pelo CEMADEN. Vale ressaltar que o presente estudo utilizou uma estação diferente da empregada por Macedo e Peixoto

(2021), uma vez que os autores utilizaram a desagregação dos valores de precipitação máxima inferior a 24 horas pelo método das relações de durações.

No município de Conselheiro Lafaiete, o CEMADEN mantém sete estações pluviométricas do tipo telemétrica em funcionamento, as quais realizam medições automáticas e transmitem, em tempo real, os volumes de precipitação registrados para o sistema central (ANA, 2025). A Tabela 1 apresenta a relação das estações com seus respectivos períodos de dados pluviométricos subdiários disponíveis, enquanto a Figura 8 ilustra a localização espacial dessas estações no território municipal.

Tabela 1 - Dados das estações pluviométricas - Conselheiro Lafaiete.

Nome	Código	Período de dados	Tipo	Responsável
Belavinha	311830404A	Nov/2013 a Mai/2019; Mai/2020 a Abr/2025	Telemétrica	CEMADEN
Buarque de Macedo	311830405A	Nov/2013 a Mar/2020; Set/2020 a Abr/2025	Telemétrica	CEMADEN
Centro	311830401A	Nov/2013 a Mar/2019; Abr/2019 a Mai/2019; Mai/2020 a Abr/2025	Telemétrica	CEMADEN
Rio Bananeiras	311830410H	Mai/2018 a Dez/2018; Jun/2020 a Jun/2021; Dez/2021 a Fev/2025	Telemétrica	CEMADEN
Santa Efigênia	311830402A	Ago/2018 a Abr/2025	Telemétrica	CEMADEN
Santa Matilde	311830406A	Nov/2013 a Set/2017; Jun/2018 a Jan/2019; Mai/2020 a Jan/2025	Telemétrica	CEMADEN
São Sebastião	311830403A	Nov/2013 a Mar/2019; Mai/2020 a Abr/2025	Telemétrica	CEMADEN

Fonte: Adaptado CEMADEN, 2025.

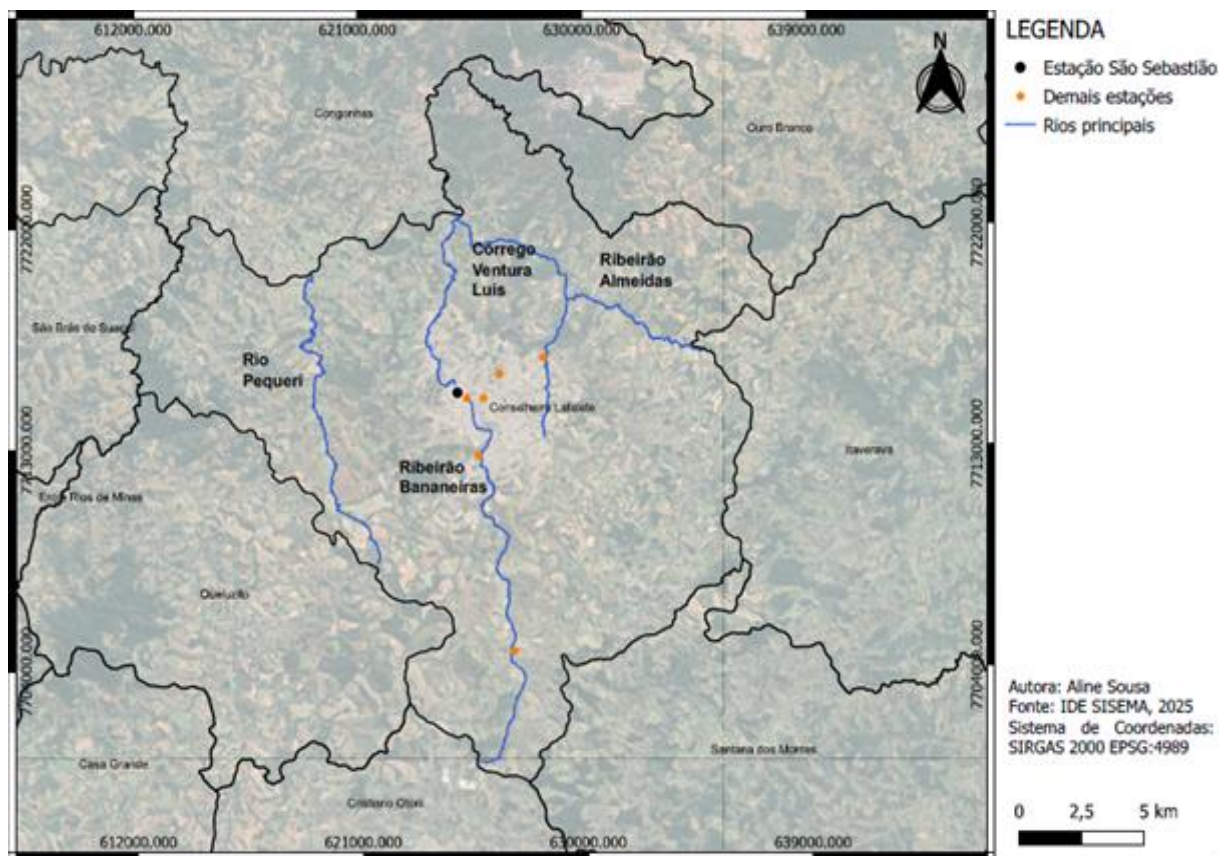


Figura 8 - Mapa das estações pluviométricas de Conselheiro Lafaiete.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a avaliação inicial dos dados disponíveis e a comparação da consistência entre as diferentes estações, verificou-se a ocorrência de lacunas de informação e/ou baixa frequência de registros, especialmente durante o período chuvoso (outubro a março). Todas as sete estações apresentaram falhas nos anos hidrológicos de 2018/2019 e 2019/2020, com ausência de registros em determinadas horas e dias — falhas que se concentraram justamente nos meses de maior precipitação. Em função dessa limitação, optou-se pelo descarte desses anos na análise.

Dentre as estações analisadas, a estação São Sebastião apresentou a série mais completa, com maior volume de dados subdiários contínuos no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2024, sendo, portanto, selecionada como base para o estudo. A partir dessa definição, foram identificadas as máximas alturas de chuva para cada ano hidrológico, considerando as seguintes durações: 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, bem

como 1, 2, 3, 4, 8, 14 e 24 horas. Em seguida, calcularam-se as intensidades correspondentes a cada uma dessas durações, servindo de subsídio para a determinação das equações IDF.

5.3 Análise de estacionariedade

A verificação da estacionariedade das séries de intensidades máximas de chuva por ano hidrológico é fundamental para a determinação de equações IDF, pois alterações nesses dados comprometem a confiabilidade dos parâmetros estatísticos usualmente empregados. Entre os métodos utilizados, destaca-se o teste de Mann-Kendall, capaz de identificar tendências ao longo do tempo por meio da comparação de grandezas observadas sequencialmente em uma série (Silva; Detzel, 2021), além de testes não paramétricos como o de Spearman, aplicados no Atlas Pluviométrico do Brasil (SGB, 2023).

Contudo, em Conselheiro Lafaiete a aplicação desses testes foi inviabilizada pela limitação da série histórica, composta por apenas oito anos de dados, quando o mínimo recomendado é de dez. Diante disso, adotou-se um procedimento alternativo baseado na análise visual, conforme proposto por Pinho (2025), que consiste na elaboração de gráficos com as intensidades máximas e o traçado de linhas de tendência para os diferentes períodos, possibilitando verificar a manutenção ou alteração de sua orientação e, assim, identificar tendências lineares. Considerando a curta série disponível, essa abordagem, também empregada por Medeiros et al. (2020), reforça a necessidade de ampliar o período de monitoramento no futuro, visando obter representações mais consistentes das condições de chuva intensa e reduzir incertezas nos estudos.

5.4 Ajuste da equação IDF para Conselheiro Lafaiete

Após a análise da tendência dos dados, o passo seguinte consistiu em propor parâmetros para a equação IDF. Conforme Nascimento et al. (2017), os dados subdiários obtidos nas estações pluviométricas devem ser submetidos a análises estatísticas para identificar a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a eles, o que, segundo Pereira (2023), pode ser verificado por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Esse teste, fundamentado na distribuição empírica dos dados,

mede a maior distância entre a função de distribuição acumulada observada e a função de uma distribuição teórica hipoteticamente verdadeira (Araújo et al., 2007).

Diversas distribuições podem ser consideradas, e, neste estudo, foram avaliadas as seguintes: Exponencial, Gama, Generalizada de Valores Extremos (GEV), Gumbel, Lognormal tipo II, Lognormal tipo III e Pearson tipo III. A verificação dos dados de intensidades máximas anuais para cada duração foi realizada no software ALEA (EHR, 2012), adotando-se o Método dos Momentos-L para a estimativa dos parâmetros de cada distribuição.

Considerando que o ajuste mais adequado foi obtido com a distribuição GEV, os parâmetros κ , α e β , fornecidos pelo software, foram utilizados para o cálculo dos quantis conforme a Equação 2 apresentada a seguir.

$$x(Tr) = \beta + \frac{\alpha}{\kappa} \{1 - [-\ln(1 - \frac{1}{Tr})]^\kappa\} \quad (2)$$

Onde:

$x(Tr)$ = quantil da intensidade para um determinado tempo de retorno (mm/h);

κ, α, β = parâmetros de forma, escala e posição, respectivamente;

Tr = tempo de retorno (anos).

Dando continuidade, fez-se a simplificação da Equação 1, que resulta em:

$$i = \frac{a \times T^b}{(t+c)^d} \rightarrow i = \frac{A}{(t+c)^d} \quad (3)$$

Assim, nota-se que o parâmetro A é uma simplificação do numerador pela Equação 1.

Na sequência aplica-se o logaritmo em ambos os lados da Equação 3, obtendo-se a Equação 4:

$$i = \frac{A}{(t+c)^d} \rightarrow \log i = \log A - d \times \log (t + c) \quad (4)$$

As variáveis “ d ” e “ $\log A$ ” são determinadas ao se considerar a Equação 4 em sua forma linear. Nesse contexto, procede-se à plotagem dos gráficos de dispersão entre os logaritmos da intensidade (i) e da duração (t), adicionando-se o parâmetro “ c ”,

estimado por tentativa e erro, de forma a obter o valor do coeficiente de determinação (r^2) mais próximo possível de 1.

Já os parâmetros “a” e “b” são calculados a partir da Equação 5, conforme descrito por Pereira (2023), aplicando-se o logaritmo em ambos os lados da equação (Equação 6). Assim, plota-se um gráfico com as variáveis $\log A$ (eixo y) e $\log T$ (eixo x).

$$A = a \times T^b \quad (5)$$

$$\log A = \log a + b \times \log T \quad (6)$$

Desta forma, foi possível obter os parâmetros para a formulação de uma nova equação IDF ajustada especificamente para o município de Conselheiro Lafaiete, a qual foi comparada com a equação proposta por Macedo e Peixoto (2021). Essa equação de referência foi desenvolvida com base em dados pluviométricos históricos da cidade e expressa no formato padrão (Equação 1). Para o caso estudado por Macedo e Peixoto (2021), os parâmetros obtidos foram: $a = 767,997$, $b = 0,154$, $c = 10,550$ e $d = 0,753$.

A comparação entre a nova equação e a de Macedo e Peixoto (2021) permitiu avaliar o grau de atualização e a adequação do modelo proposto neste estudo, verificando eventuais variações nas intensidades estimadas para diferentes tempos de retorno e durações, bem como o impacto dessas diferenças no dimensionamento hidráulico de estruturas de drenagem no município.

5.5 Atualização da equação IDF como ferramenta para auxiliar na elaboração de instrumentos normativos para a drenagem urbana

A determinação precisa da intensidade e da periodicidade das chuvas é um elemento fundamental para o planejamento e a gestão eficientes da drenagem urbana. O aumento das precipitações máximas em curtos intervalos — fenômeno frequentemente associado às mudanças climáticas — tende a comprometer a capacidade de funcionamento do sistema de drenagem existente. Diante desse cenário, torna-se indispensável a utilização de parâmetros hidrológicos atualizados que reflitam as condições pluviométricas atuais do município.

Nesse contexto, a presente proposta metodológica abrange não apenas o desenvolvimento de uma nova equação Intensidade–Duração–Frequência (IDF), mas também a avaliação de seu potencial impacto sobre a revisão das normas técnicas municipais. O objetivo é estabelecer critérios claros, consistentes e atualizados para o dimensionamento hidráulico, promovendo a padronização de procedimentos e o aprimoramento do desempenho das obras e intervenções de drenagem no perímetro urbano.

6 RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da seleção da estação pluviométrica mais consistente para o município de Conselheiro Lafaiete, da extração das séries históricas subdiárias e da identificação das precipitações máximas para diferentes durações. As informações aqui descritas constituem a base para o cálculo dos parâmetros da equação Intensidade–Duração–Frequência (IDF) atualizada, possibilitando a comparação com um modelo anteriormente desenvolvido e subsidiando a elaboração de instrumentos normativos para a drenagem urbana.

6.1 Obtenção e análise dos dados pluviométricos para Conselheiro Lafaiete

Conforme a metodologia apresentada, foram inicialmente compilados os dados pluviométricos disponíveis para o município. Optou-se pela utilização das informações da estação telemétrica de São Sebastião, por apresentar maior consistência e ausência de falhas significativas nos períodos chuvosos. A partir dessa base, identificaram-se, para cada ano hidrológico, as intensidades máximas correspondentes a cada duração analisada, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de intensidades de precipitação.

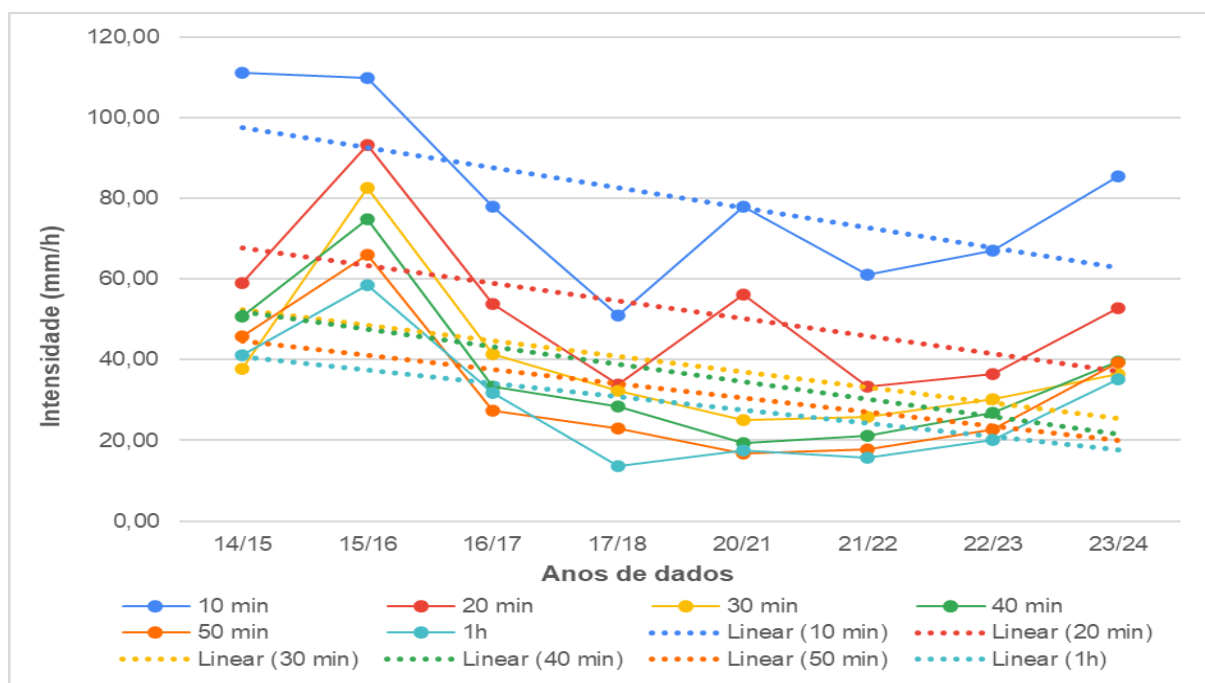
Intensidade (mm/h)	Durações											
Ano hidrológico	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
14/15	111,12	59,10	37,68	50,64	45,71	41,05	15,98	9,50	7,82	5,19	-	-
15/16	109,98	93,33	82,60	74,73	65,93	58,49	10,33	7,80	10,13	3,79	3,27	5,48
16/17	78,06	53,79	41,38	33,39	27,42	31,88	10,81	8,78	8,26	2,44	3,17	4,42
17/18	51,12	33,78	32,36	28,41	22,97	13,57	12,98	10,87	9,58	6,78	3,77	2,73
18/19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/21	78,06	56,16	25,00	19,34	16,64	17,61	16,19	11,71	9,86	2,07	2,60	-
21/22	61,02	33,45	25,84	21,15	17,87	15,68	10,99	7,79	6,14	3,52	3,46	4,58
22/23	67,08	36,48	30,36	26,90	22,69	20,09	12,90	9,19	7,30	2,83	3,25	3,47
23/24	85,56	52,83	36,40	39,47	39,37	35,17	20,83	10,95	8,90	5,08	4,84	2,04

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

6.2 Análise de estacionariedade

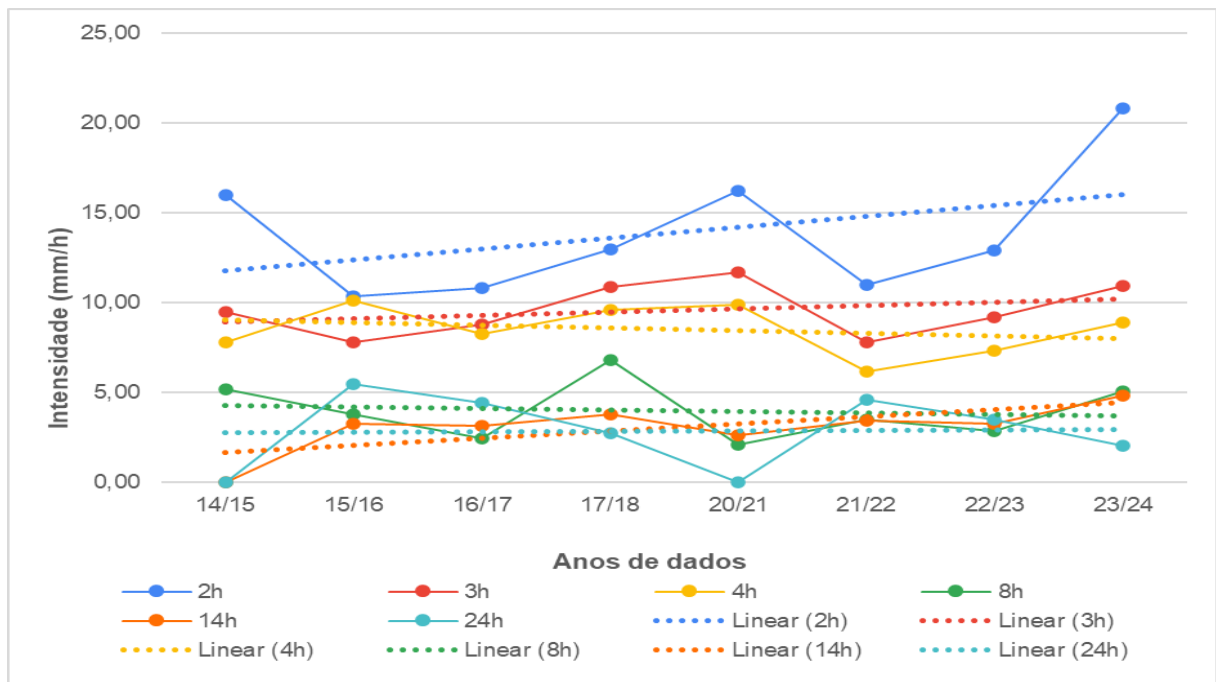
Como descrito no referencial teórico, a análise de estacionariedade dos dados, em condições ideais, é realizada por meio de testes estatísticos formais. Entretanto, conforme indicado na metodologia, tais testes não foram aplicados devido à limitação do tamanho da amostra disponível. Ainda assim, a avaliação da tendência temporal das intensidades máximas é essencial para definir os parâmetros da equação IDF. Para isso, realizou-se uma análise visual das intensidades anuais apresentadas na Tabela 2 e sintetizadas nos Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 – Análise de tendência para as intensidades máximas de chuva.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Gráfico 2 - Análise de tendência para as intensidades máximas de chuva.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

No período de oito anos hidrológicos (2014/15 a 2023/24), observa-se acentuada variabilidade interanual, com máximos destacados nos anos de 2014/15 e 2015/16, reduções significativas em 2016/17 e 2017/18, e nova elevação em 2020/21 e 2023/24. As linhas de tendência revelam padrões distintos conforme a duração da chuva:

- Durações curtas (10–40 min): inclinações predominantemente negativas, sugerindo leve redução das intensidades máximas, embora com grande dispersão.
- Durações intermediárias (50 min a 4 h): tendências próximas de nulas ou levemente positivas.
- Durações longas (≥ 8 h): inclinações positivas, indicando aumento gradual das intensidades, ainda que com valores absolutos menores que nas durações curtas.

Embora essas tendências apresentem sinais distintos entre durações, a magnitude das inclinações é baixa diante da variação ano a ano, não configurando

uma mudança sistemática capaz de comprometer a aplicação de um modelo estacionário no horizonte temporal analisado. Dessa forma, assume-se que as intensidades máximas se mantêm estáveis para fins de calibração da equação IDF. Contudo, essa conclusão deve ser interpretada à luz das limitações da série histórica — curta e sem testes estatísticos formais — recomendando-se sua reavaliação futura com séries mais longas e análise estatística robusta, a fim de verificar se tais padrões se mantêm no longo prazo e reforçar a confiabilidade normativa da equação proposta.

6.3 Ajuste da equação IDF para Conselheiro Lafaiete

Após a verificação da estacionariedade, procedeu-se à avaliação do ajuste dos dados a cada uma das distribuições de probabilidade testadas, utilizando-se o teste de aderência de Kolmogorov–Smirnov. Para cada distribuição, foram determinados o valor de p e a estatística do teste (D), permitindo aferir a qualidade do ajuste. A classificação final baseou-se no critério do maior valor de p , sendo atribuída a primeira colocação à distribuição que apresentou o desempenho mais consistente segundo esse parâmetro. Essa metodologia possibilitou comparar de forma objetiva a adequação das diferentes distribuições aos dados observados. As Tabela 3 e 4 apresentam a ordenação resultante, destacando as posições ocupadas por cada distribuição de acordo com o critério adotado.

Tabela 3 - Classificação das distribuições em relação a duração das chuvas.

DISTRIBUIÇÕES	10 min			20 min			30 min		
	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking
Exponencial	0,7597	0,2244	6	0,5581	0,2649	7	0,8478	0,2049	3
Gamma	0,9911	0,1462	4	0,869	0,1996	1	0,569	0,2627	6
GEV	0,9929	0,1435	1	0,632	0,2501	6	0,9544	0,1720	1
Gumbel	0,9809	0,1566	5	0,8481	0,2049	2	0,6444	0,2476	5
Lognormal 2P	0,9929	0,1434	2	0,8357	0,2078	3	0,6988	0,2368	4
Lognormal 3P	0,9916	0,1455	3	0,6399	0,2485	5	0,8483	0,248	2
Pearson 3P	0,9911	0,1462	4	0,6592	0,2447	4	0	1,25	7
DISTRIBUIÇÕES	40 min			50 min			1h		
	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking
Exponencial	0,9804	0,157	4	0,9613	0,1687	4	0,9262	0,1830	7
Gamma	0,9553	0,1716	6	0,923	0,184	7	0,9726	0,1625	1
GEV	0,9973	0,1334	1	0,9833	0,1546	2	0,9413	0,1775	6
Gumbel	0,9702	0,1639	5	0,9455	0,1758	6	0,9434	0,1767	5
Lognormal 2P	0,981	0,1565	3	0,9611	0,1689	5	0,9602	0,1693	3
Lognormal 3P	0,9875	0,1506	2	0,9914	0,1457	1	0,9502	0,1738	4
Pearson 3P	0,9352	0,1798	7	0,9733	0,162	3	0,9651	0,1668	2

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Tabela 4 - Classificação das distribuições em relação a duração das chuvas.

DISTRIBUIÇÕES	2h			3h			4h		
	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking
Exponencial	0,978	0,1588	3	0,6431	0,2479	7	0,8224	0,2109	5
Gamma	0,9097	0,1883	7	0,9236	0,1839	5	0,9684	0,1649	3
GEV	0,9627	0,168	5	0,9552	0,1717	1	0,9987	0,1274	1
Gumbel	0,9801	0,1573	2	0,9033	0,1902	6	0,9569	0,1708	4
Lognormal 2P	0,9530	0,1726	6	0,9399	0,178	3	0,982	0,1557	2
Lognormal 3P	0,9748	0,1611	4	0,9463	0,1755	2	-	-	-
Pearson 3P	0,9889	0,149	1	0,9237	0,1838	4	-	-	-
DISTRIBUIÇÕES	8h			14h			24h		
	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking	p-valor	Estatística de Teste	Ranking
Exponencial	0,9598	0,1695	5	0,4428	0,3081	5	0,7715	0,2536	5
Gamma	0,9909	0,1464	1	0,9021	0,2028	1	0,9065	0,2163	2
GEV	0,9838	0,1542	3	0,6218	0,2683	4	0,9974	0,1521	1
Gumbel	0,9846	0,1534	2	0,7848	0,2332	3	0,8807	0,2246	3
Lognormal 2P	0,9769	0,1596	4	0,8713	0,2118	2	0,8765	0,2259	4
Lognormal 3P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pearson 3P	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A análise das Tabelas 3 e 4 evidenciam que a distribuição GEV apresentou o melhor desempenho geral, seguida pela distribuição Gama. Em particular, a GEV obteve os melhores ajustes para as durações de 10 min, 30 min, 40 min, 3 h, 4 h e 24 h, demonstrando maior capacidade de representar as intensidades máximas observadas. Diante desse resultado, definiu-se a utilização da distribuição GEV para o ajuste da equação IDF. Os parâmetros de forma, escala e posição obtidos pelo software para essa distribuição estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de forma, escala e posição.

tempo	forma (α)	escala (β)	posição (κ)
10 min	20,500	70,620	0,121
20 min	13,090	42,300	-0,164
30 min	6,114	29,420	-0,504
40 min	10,170	26,470	-0,309
50 min	9,624	22,770	-0,300
1h	10,870	20,770	-0,168
2h	2,398	11,930	-0,195
3h	1,480	8,951	0,184
4h	1,634	8,186	0,572
8h	1,378	3,160	-0,005
14h	0,456	3,116	-0,185
24h	1,461	3,360	0,382

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

De posse dos valores estimados para os parâmetros da distribuição, calcularam-se os quantis por meio da Equação 2, obtendo-se, em seguida, os logaritmos correspondentes para cada tempo de retorno analisado. Os resultados estão apresentados, respectivamente, nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Quantis da distribuição GEV.

Tempo de Duração (min)	Tempo de Retorno (anos)				
	5	10	25	50	100
10	98,740	111,005	124,991	134,378	142,939
20	64,560	77,928	97,351	113,842	132,205
30	43,124	55,000	78,103	103,979	140,542
40	45,875	59,529	81,987	103,456	129,918
50	41,001	53,703	74,436	94,112	118,211
60	39,313	50,498	66,804	80,694	96,205
120	16,108	18,704	22,578	25,951	29,790
180	10,891	11,678	12,529	13,071	13,544
240	9,831	10,254	10,584	10,736	10,837
480	5,235	6,279	7,603	8,590	9,572
840	3,904	4,389	5,105	5,724	6,424
1440	5,028	5,566	6,058	6,323	6,525

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

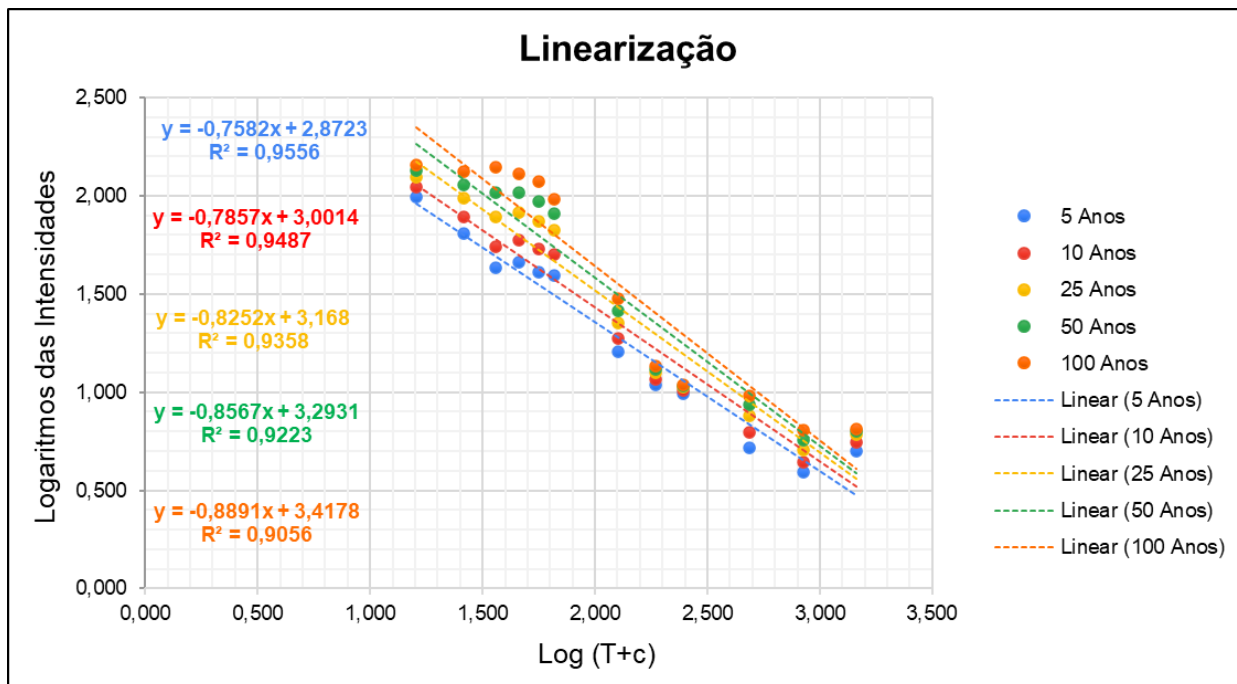
Tabela 7 - Log dos quantis da distribuição GEV.

Tempo de Duração (min)	Tempo de Retorno (anos)				
	5	10	25	50	100
10	1,994	2,045	2,097	2,128	2,155
20	1,810	1,892	1,988	2,056	2,121
30	1,635	1,740	1,893	2,017	2,148
40	1,662	1,775	1,914	2,015	2,114
50	1,613	1,730	1,872	1,974	2,073
60	1,595	1,703	1,825	1,907	1,983
120	1,207	1,272	1,354	1,414	1,474
180	1,037	1,067	1,098	1,116	1,132
240	0,993	1,011	1,025	1,031	1,035
480	0,719	0,798	0,881	0,934	0,981
840	0,592	0,642	0,708	0,758	0,808
1440	0,701	0,746	0,782	0,801	0,815

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Em seguida foram obtidos os parâmetros “c”, “d” e “Log A”, por meio da linearização dos logaritmos das intensidades (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Linearização - intensidade (i), duração (T) e parâmetro c.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Para otimizar a linearização das retas, buscou-se maximizar o coeficiente de determinação (R^2), aproximando-o o máximo possível de 1, entretanto nota-se que a discrepância da linearização pode ser resultante de falhas na medição como obstrução do funil, evaporação de água armazenada e erro na operação do equipamento (Villela; Mattos, 1975; Tucci, 2012). Por meio do método de tentativa e erro, obteve-se o valor de $c=6$, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Logaritmo da soma do parâmetro c e duração.

T (min)	c	log (T+c)
10	6	1,204
20	6	1,415
30	6	1,556
40	6	1,663
50	6	1,748
60	6	1,820
120	6	2,100
180	6	2,270
240	6	2,391
480	6	2,687
840	6	2,927
1440	6	3,160

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a definição das equações das retas (Gráfico 2) foi possível extrair os valores de “Log A” e do parâmetro “d”, como apresentado na Tabela 9.

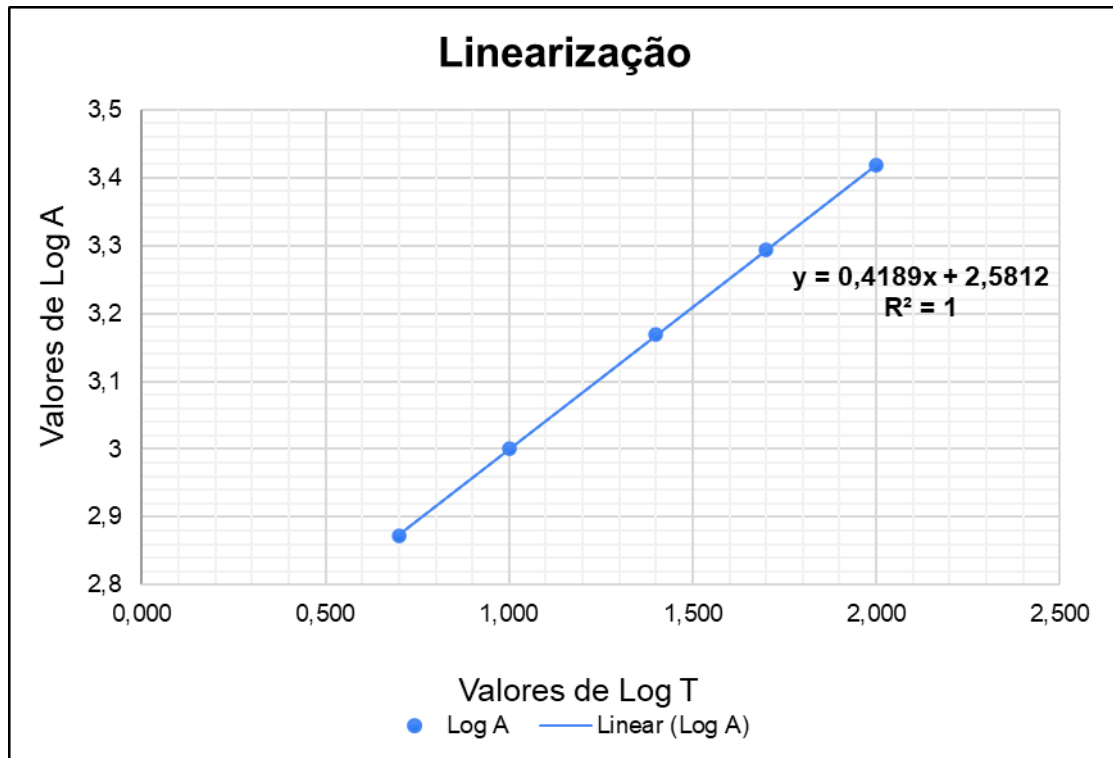
Tabela 9 - Parâmetros A, d e log T.

T	Log T	Log A	A	d
5	0,699	2,8723	745,25	0,7582
10	1,000	3,0014	1003,23	0,7857
25	1,398	3,168	1472,31	0,8252
50	1,699	3,2931	1963,81	0,8567
100	2,000	3,4178	2616,98	0,8891

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Na sequência, foi plotado o gráfico Log A x Log T (Gráfico 4) cuja linearização estabelece os parâmetros “a” e “b”, onde “a” foi obtido por meio da conversão logarítmica e “b” o coeficiente da reta.

Gráfico 4 - Linearização Log A x Log T.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Desta forma, os parâmetros necessários para a equação IDF são apresentados na Tabela 10 e a equação IDF para Conselheiro Lafaiete na Equação 7.

Tabela 10 - Parâmetros individuais da IDF.

Log a	a	b	c	d
2,5812	381,241	0,4189	6	0,823

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

$$i = \frac{381,241 \times T^{0,4189}}{(6+t)^{0,823}} \quad (7)$$

Por fim, com a equação definida, foram calculadas as intensidades de chuva para diferentes durações e tempos de retorno, como apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Intensidades de chuva (mm/h) para Conselheiro Lafaiete.

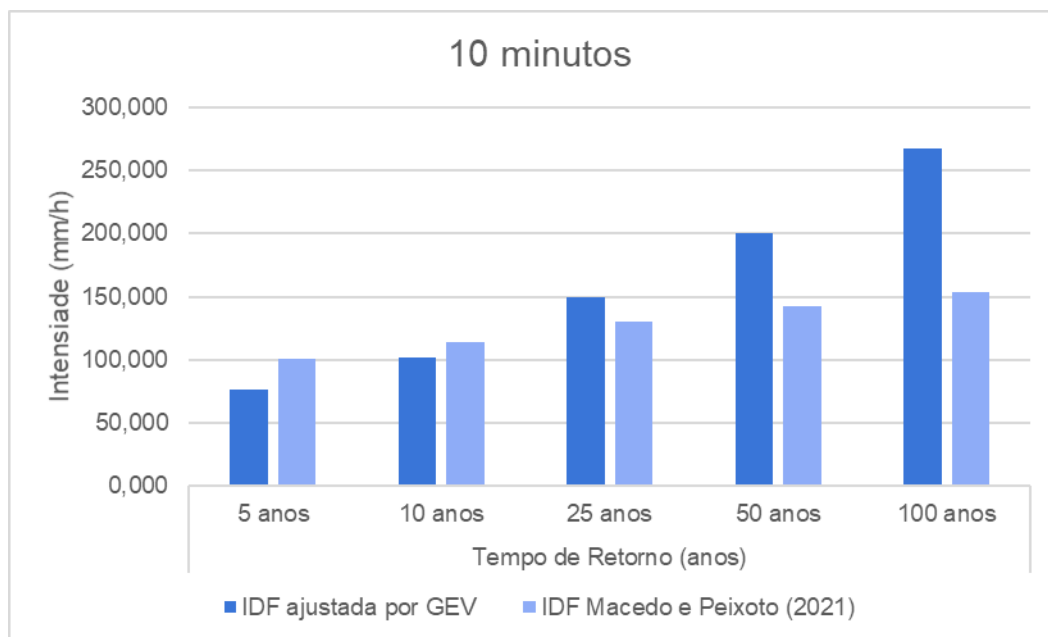
Tempo de Duração (minutos)	Tempo de Retorno (anos)				
	5	10	25	50	100
10	76,389	102,125	149,910	200,416	267,937
20	51,228	68,487	100,532	134,401	179,682
30	39,192	52,396	76,911	102,824	137,466
40	32,032	42,824	62,861	84,039	112,353
50	27,244	36,423	53,465	71,478	95,560
60	23,799	31,816	46,703	62,438	83,474
120	13,978	18,687	27,431	36,672	49,027
180	10,145	13,562	19,908	26,616	35,582
240	8,059	10,775	15,816	21,145	28,269
480	4,602	6,153	9,031	12,074	16,142
840	2,916	3,899	5,723	7,651	10,229
1440	1,876	2,508	3,682	4,922	6,580

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

6.4 Análise comparativa entre a IDF ajustada e a IDF de Macedo e Peixoto (2021)

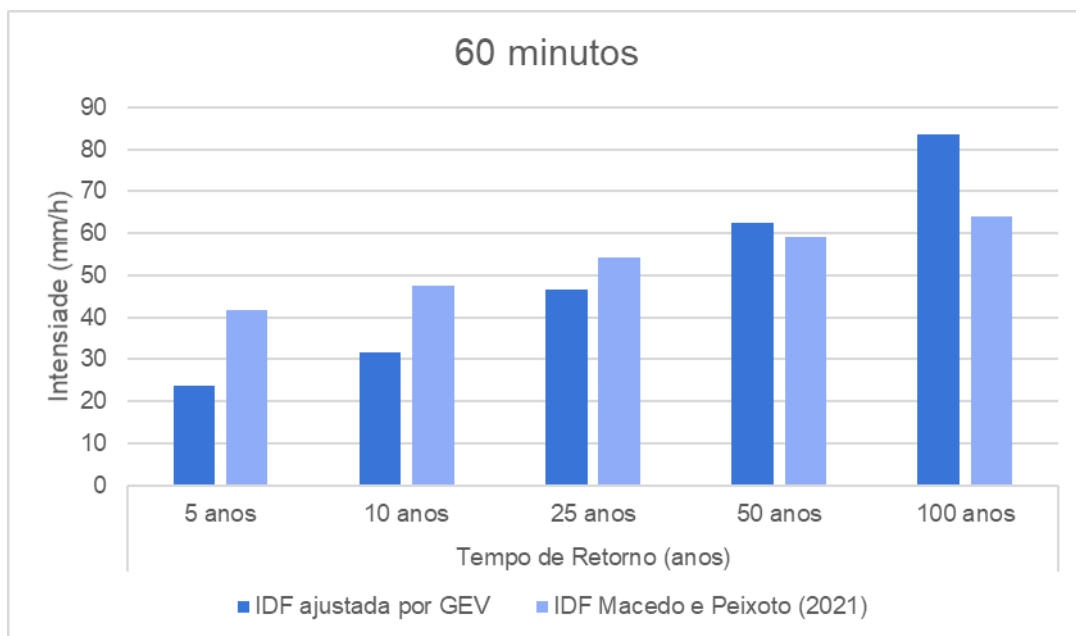
De modo a avaliar comparativamente as intensidades pluviométricas obtidas pela curva IDF proposta neste estudo e pela equação de Macedo e Peixoto (2021), foram elaborados os Gráficos 5, 6 e 7, correspondentes às durações de 10 minutos, 60 minutos e 24 horas, respectivamente.

Gráfico 5 - Intensidades de chuva com duração de 10 minutos.



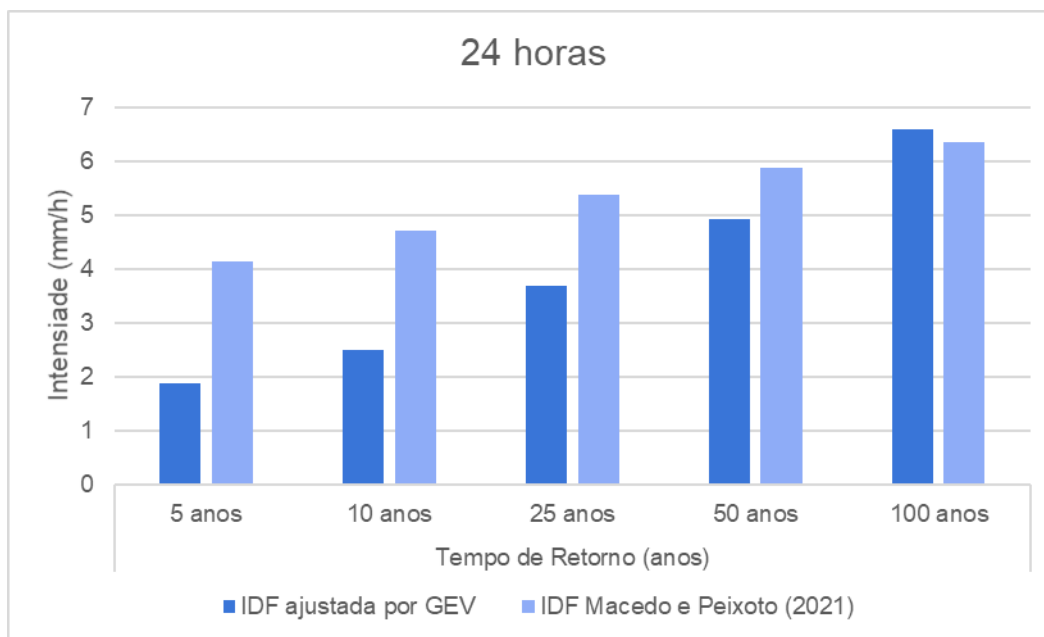
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Gráfico 6 - Intensidades de chuva com duração de 60 minutos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Gráfico 7 - Intensidades de chuva com duração de 24 horas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A comparação entre as curvas IDF revelou padrões distintos em função da duração da precipitação e do tempo de retorno (TR). Para a duração de 10 minutos, a equação de Macedo e Peixoto (2021) apresentou intensidades superiores para TR de 5 anos (31,28%) e 10 anos (11,39%), enquanto a curva ajustada neste estudo superou os valores da referência para TR de 25, 50 e 100 anos, com incrementos de 15,19%, 41,19% e 71,56%, respectivamente. Esse comportamento indica que o ajuste da equação proposta tende a capturar melhor a magnitude de eventos extremos de alto tempo de recorrência, característica essencial para a estimativa de chuvas raras, conforme destacado por Coles et al. (2001) ao abordar a sensibilidade da distribuição GEV às caudas superiores das séries pluviométricas.

Para a duração de 60 minutos, o padrão se manteve com poucas alterações: Macedo e Peixoto (2021) manteve intensidades mais elevadas para TR de 5 anos (75,76%), 10 anos (49,14%) e 25 anos (16,22%), e para TR mais elevados, de 50 e 100 anos, a curva GEV apresentou valores superiores em 5,45% e 30,39%, respectivamente. Já para a duração de 24 horas, as diferenças absolutas são menores, com Macedo e Peixoto (2021) apresentando valores ligeiramente mais altos

em todos os TR até 50 anos, e apenas no TR de 100 anos a curva GEV superando a referência em 3,62%. Esse resultado sugere que, para precipitações prolongadas, as divergências entre os modelos tendem a ser mais sutis, embora ainda possam ter impacto relevante em cenários críticos de cheias prolongadas.

De forma geral, os resultados demonstram que a curva IDF ajustada neste estudo apresenta vantagem sistemática para tempos de retorno elevados, principalmente nas durações curtas e intermediárias, o que é estratégico para o dimensionamento de sistemas de macrodrenagem e obras de controle de cheias de grande porte (Tucci, 2007). Por outro lado, a equação de Macedo e Peixoto (2021) mantém-se mais conservadora para eventos de menor tempo recorrência, reforçando sua adequação à microdrenagem urbana. Segundo Rodrigues et al. (2023), em Minas Gerais, o dimensionamento hidráulico da microdrenagem adota TR de 10 anos como referência, prática consolidada em Belo Horizonte e replicada em outros municípios.

Dessa forma, recomenda-se a utilização da equação de Macedo e Peixoto (2021) para microdrenagem e a aplicação da curva IDF proposta neste estudo para macrodrenagem, em função de sua capacidade de estimar intensidades mais elevadas para TR de 25 a 100 anos. No caso de Conselheiro Lafaiete, a inexistência de uma equação IDF oficial prejudica o dimensionamento e o planejamento hidráulico, levando muitas vezes à aplicação de parâmetros não ajustados à realidade local. Esse cenário é agravado pela inexistência de dispositivos legais relacionados à drenagem urbana, o que pode culminar em sistemas insuficientes para lidar com eventos extremos.

A recente proposta da Câmara Municipal para criação do Plano Municipal de Desenvolvimento de Drenagem Urbana (PMDDU), incorporando o conceito de “Cidades Esponja” e mecanismos sustentáveis de gestão de águas pluviais, aliada às diretrizes do diagnóstico do Plano Diretor (FJP, 2022), reforça a urgência de um modelo atualizado. Nesse contexto, a atualização da equação IDF se apresenta como ferramenta estratégica para embasar instrumentos normativos e técnicos, permitindo a definição de parâmetros mais precisos e adaptados à realidade local, fortalecendo o dimensionamento e a eficiência das obras de drenagem e contribuindo para a

preservação dos corpos hídricos, o controle de inundações e a segurança da população frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

7 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar e ajustar a equação Intensidade–Duração–Frequência (IDF) para o município de Conselheiro Lafaiete, utilizando dados pluviométricos atualizados e comparando-a com a equação proposta por Macedo e Peixoto (2021). Por meio da aplicação da distribuição de valores extremos generalizada (GEV) e da análise de estacionariedade, foi possível obter parâmetros que representam a realidade hidrológica local, permitindo avaliar as diferenças de desempenho em relação à equação de referência.

Os resultados indicaram que, para durações curtas e médias, a equação ajustada apresentou intensidades superiores nos tempos de retorno de 50 e 100 anos, evidenciando maior capacidade de captar eventos raros e intensos — aspecto essencial para o dimensionamento de sistemas de macrodrenagem e obras estruturais voltadas ao controle de cheias. Por outro lado, para tempos de retorno de 5, 10 e 25 anos, a equação de Macedo e Peixoto (2021) apresentou resultados mais conservadores, possivelmente em função da maior extensão da série histórica utilizada em sua calibração, ainda que esta tenha sido atualizada apenas até 2014.

Apesar da adequação da equação ajustada aos dados locais, recomenda-se que futuras revisões contemplem séries históricas mais longas — preferencialmente superiores a 10 anos — e atualizadas, de modo a permitir uma análise mais robusta de tendências e variações interanuais. Tal medida não apenas melhorará a confiabilidade do dimensionamento hidráulico das estruturas de drenagem, mas também subsidiará com maior precisão a elaboração de instrumentos de planejamento, como o Plano Municipal de Desenvolvimento de Drenagem Urbana (PMDDU).

Em um contexto marcado pelo crescimento urbano e pela intensificação de eventos extremos associados às mudanças climáticas, a atualização periódica das equações IDF é estratégica para garantir segurança hídrica e urbana. Ao fornecer parâmetros condizentes com a realidade local, este estudo contribui para a mitigação de enchentes, inundações e alagamentos, fortalecendo a resiliência da infraestrutura de drenagem e a proteção da população.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. B., (2020). **Drenagem urbana**. Curitiba: Editora Contentus.
- AMARAL, J. B.; SILVA, J. B.; ALVIM, A. M. M.; BARBOSA, M. F.; OLIVEIRA, J. T.; FARIA, E. T., (2012). ANÁLISE DA HIERARQUIA URBANA DA MICRORREGIÃO DE CONSELHEIRO LAFAIETE/MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 42, p. 28–41. DOI: 10.14393/RCG134216533. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16533>>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- ANA, (2025). **Agência Nacional de Águas. HIDROWEB**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIRSO, P. C., (2007). Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.3, n.22.
- AYOADE, J. O., (2007). **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12^a ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- BACK, A. J.; OLIVEIRA, L.R.; HENN, A., (2012). Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 391-398.
- BAPTISTA, M. B. A. D.; NASCIMENTO, N.O., (2002). Aspectos institucionais e de financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.1, jan/mar.
- BAPTISTA, M. B.; CARDOSO, A. S., (2013). Rios e cidades: uma longa e sinuosa história... **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v.20, n.2, p. 124-153, 2013. DOI: 10.35699/2316-770x.2013.2693.
- BARBOSA FILHO, L. H. B., (2023). **Estacionariedade de Séries Temporais, o que é isso?** Artigo Análise Macro. Disponível em: <https://analisemacro.com.br/data-science/python/estacionariedade_series_temporais/>. Acesso em: 24 de jun. de 2025.

BARBOSA JÚNIOR, A. R., (2022). **Elementos de hidrologia aplicada**. São Paulo. Editora Blucher.

BARTIKO, D. (2020). **Cheias no Brasil: sazonalidade, tendências e análise de frequência**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 137p.

BATISTA, M. L., (2013). **Precipitação máxima diária anual na região Sudeste do Brasil: distribuição de probabilidade e análise espacial**. 69 f. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras. Lavras.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M., (2004). Precipitação. In. TUCCI, C. E.M. (org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, p. 177-242.

BIZAWU, K.; GOMES, M. F., (2016) Oil exploitation at Virunga park as a threat to the environment and to endangered animal species. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 13, n. 27, p. 11-29, set./dez.

BLÖSCHL, G.; HALLI, J.; PARAJKA, J.; PERDIGÃO, R. A.; MERZ, B.; ARHEIMER, B.; ŽIVKOVIC., (2017). Changing climate shifts timing of European floods. **Science**, 357 (6351), 588-590.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. (2025). **Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <<https://www.sgb.gov.br/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 19 mai. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. (2025). **Produtos por Estado - Chuvas Intensas e Equações IDF**. Disponível em: < <https://www.sgb.gov.br/equacoes-idf> >. Acesso em: 21 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. (2025). **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Disponível em: <<https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml>>. Acesso em 30 de mai. 2025.

CAMINHA, A. R.; GUIMARÃES, L. R.; CORRÊA, F. V.; SOUZA, G. R. DE; OLIVEIRA, L. F. C. DE; SÁFADI, T., (2025). **Previsão de precipitação e vazão a**

partir da modelagem de séries temporais. Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 36, n. 21, p. 264–290. DOI: 10.55761/abclima.v36i21.18885.

CAMPANA, N. A., (1995). **Impacto da Urbanização nas Cheias Urbanas.** Tese de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, RS. Porto Alegre.

CAMPOS-ARANDA, D.F., (1978). **Cálculo de las Curvas Intensidad-Duración-Período de Retorno, a partir de Registros de Lluvia Máxima en 24 horas y Relaciones Duración-Lluvia Promedio.** Subdirección Regional Noreste de Obras Hidráulicas e Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural. San Luis Potosí, Septiembre. 25 p.

CANHOLI, J., (2013). **Medidas de controle in situ do escoamento superficial em áreas urbanas: análise de aspectos técnicos e legais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 167 p.

CEMADEN, (2015). **Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - Estações hidrológicas.** Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/estacoes-hidrologicas/>>. Acesso em: 20 de mai. de 2025.

CHATFIELD, C., (2016). **The analysis of time series: an introduction.** [S.l.]: CRC press.

CLIMATE-DATA, (2025). **Conselheiro Lafaiete.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/conselheiro-lafaiete-25044/>>. Acesso em: 15 de jul. de 2025.

COLES, S., BAWA, J., TERNNER, L., DORAZIO, P. (2001). **An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values.** London: Springer.

COLOMBELLI, K.; MENDES, R., (2013). **Determinação dos parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Videira, SC.** Unoesc & Ciência – ACET. Joaçaba, v. 4, n.2, p. 169-180, jul./dez.

CORREIO ONLINE. Comunidade, (2024). **Fortes chuvas causam alagamentos no centro e bairros de Lafaiete.** Disponível em: <<https://jornalcorreiodacidade.com.br/noticias/39124--fortes-chuvas-causam-alagamentos-no-centro-e-bairros-de-lafaiete>>. Acesso em 04 jun. 2025.

COSTA, C. C. P. M., (2013). **A constitucionalização do direito de propriedade privada.** Rio de Janeiro: Lumen Juris.

COSTA, E. S. DA., (2019). **Análise da série temporal de precipitação total mensal do município de Cruz das Almas-BA.** Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

CRUCIANI, D. E.; MACHADO, R. E.; SENTELHAS, P. C., (2002). Time distribution models of intense rainfall in Piracicaba, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 76-82, 2002. DOI: 10.1590/S1415-43662002000100014.

EHR – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, (2012). **ALEA: Análise de frequência Local de Eventos Anuais.** UFMG, Belo Horizonte.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F., (2022). Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Revista Sociedade e Natureza.** Uberlândia, MG.

FERNANDES, A. M. O.; FILGUEIRA, H. J. A.; SILVA, T. C., (2017). **Construção de novas curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para a cidade de João Pessoa, PB.** XXII SBRH – Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, (2022). **Revisão do Plano Diretor do município de Conselheiro Lafaiete/MG. Diagnósticos Municipais: Aspectos ambientais e físico-territoriais da área urbana.** Março. Belo Horizonte. Disponível em: <https://conselheirolafaiete.mg.gov.br/v2/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-preliminar-Estrutura-urbana_PD-Lafaiete_final.pdf>. Acesso em: 19 de jul. 2025.

FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, (2022). **Revisão do Plano Diretor do município de Conselheiro Lafaiete/MG. Diagnósticos Municipais: Instrumentos**

para gestão da política ambiental e diagnóstico temático. Março. Belo Horizonte. Disponível em: <https://conselheirilafaiete.mg.gov.br/v2/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-preliminar-Meio-ambiente_PD-Lafaiete-final-COM-MAPA-1.pdf>. Acesso em: 19 de jul. 2025.

FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, (2022). **Revisão do Plano Diretor do município de Conselheiro Lafaiete/MG. Proposição preliminares para a política ambiental e físico-territorial.** Junho. Belo Horizonte. Disponível em: <<https://conselheirilafaiete.mg.gov.br/v2/wp-content/uploads/2022/05/Proposicoes-Lafaiete-Meio-ambiente-jun22-1.pdf>>. Acesso em 19 de jul. 2025.

GIAROLA, I. B. S.; NETO, J. O. A., PAULA, R. T., (2017). **As enchentes e a urbanização do rio Paraibuna-MG.** August. In 1º Workshop Arte & Ciência: Reflexão Integrada na Paisagem.

GOMES, M. F.; PINTO, W. S., (2020). Justiça socioambiental e processo de urbanização das cidades / Socio-environmental justice and city urbanization process. **Revista De Direito Da Cidade**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 582-608. DOI: 10.12957/rdc.2020.39931. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/39931>>. Acesso em: 25 de mai. 2025.

G1, Minas Gerais. (2012). **Rio transborda e alaga bairros em Conselheiro Lafaiete, em MG.** 2012. <Disponível em: <<https://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2012/01/chuva-alaga-bairros-de-conselheiro-lafaiete-em-mg.html>>. Acesso em 04 jun. 2025.

HISTÓRIAS DE LAFAIETE, (2017). **Rio Bananeiras.** Disponível em: <<https://historiaegenealogialafaiete.blogspot.com/2017/01/rio-bananeiras.html>>. Acesso em: 15 de jul. 2025.

HOBSBAWN, E. J., (2011). **Da Revolução industrial inglesa ao Imperialismo.** Rio de Janeiro: Forense Universitária.

HOLTZ, A. C. T, (1976). Precipitação. In: PINTO, N. L. S, et al. **Hidrologia Básica.** São Paulo: Edgard Blücher. Cap. 2, p. 27-35.

IBGE Cidades, (2023). **Panorama Conselheiro Lafaiete**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/conselheiro-lafaiete/panorama>>. Acesso em: 17 de jul. de 2025.

IPCC, (2023). **Relatório de Síntese AR6: Mudanças Climáticas 2023**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>>. Acesso em 28 mai. 2025.

ITATIAIA. Cidades. (2024). **Alagamento causa interdição na BR-040 em Conselheiro Lafaiete nesta terça-feira (31)**. Disponível em: <<https://www.itatiaia.com.br/cidades/2024/12/31/alagamento-causa-interdicao-na-br-040-em-conselheiro-lafaiete-nesta-terca-feira-31>>. Acesso em 04 jun. 2025.

KOUTSOYIANNIS, D.; KOZONIS, D.; MANETAS, A., (1998). A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. **Journal of Hidrology**, v. 206, p.118-135.

LAFAIETE AGORA. Lafaiete. (2025). **De novo! Centro de Lafaiete volta a ficar alagado e expõe problema**. Disponível em:<<https://lafaieteagora.com.br/2025/01/27/de-novo-centro-de-lafaiete-volta-a-ficar-alagado-e-expoe-problema-sem-fim/>>. Acesso em 04 jun. 2025.

Lei complementar nº 113, de 17 de julho de 2019. Altera a redação da Lei Complementar nº 031, de 04 de abril de 2011, que “dispões sobre o uso e a ocupação do solo urbano no município de Conselheiro Lafaiete, e dá outras providências”. Leis Municipais, Município de Conselheiro Lafaiete.

MACEDO, C. C.; PEIXOTO, W. A. R., (2021). **Curva de intensidade, duração e frequência para o município de Conselheiro Lafaiete-MG**. Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de São João Del Rei. Ouro Branco.

MALUF, A. C. R. F. D., (2010). **Limitações ao direito de propriedade**. São Paulo: Atlas.

MARENGO, J. A., (2008). **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil**. Parcerias estratégicas, 27, 149-175.

MARTINEZ JÚNIOR, F. M.; MAGNI, N. L.G., (1999). **Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo**. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 125 p.

MASUM, M. H. et al., (2022). Time Series Prediction of Rainfall and Temperature Trend using ARIMA Model. **Journal of Scientific Research**, v. 14, n.1 p. 215-227.

MEDEIROS, E. S. et al., (2020). Estudo das chuvas máximas diárias no município de Barreiras/BA por meio da metodologia de séries temporais. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 18, n. 1, p. 287–295.

MELLER, A., (2004). **Simulação hidrodinâmica integrada de Sistema de Drenagem em Santa Maria-RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 185 f.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M., (2013). **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: Ed. UFLA.

MIGUEZ, M. G., (2015). **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1a ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier.

MOHYMONT, B.; DEMAR'EE, G. R.; FAKA, D. N., (2004). Establishment of IDF-curves for precipitation in the tropical área of Central Africa – comparison of techniques and results. **Natural Hazards and Earth System Science**, v.4, n.3, pp. 375-387.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M., (1981). **Modelos para Previsão de Séries Temporais**. Edgard Blucher.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. DE A. (2007). **Hidrologia estatística**. CPRM, 2007.

NASA, (2016). **Precipitação extrema, inundações e deslizamentos**. Disponível em:<https://science.gsfc.nasa.gov/610/applied-sciences/nasa_rio_materials/extreme_precipitation_portuguese.pdf>. Acesso em: 19 de mai. de 2025.

NASCIMENTO, A. S.; ABADE, D. S. O.; CASTRO, G. A.; OLIVEIRA, J. G.; CASTRO, K. D.R.; TERODORO, M. R. (2017). **Análise de chuvas intensas para o município de Belo Horizonte: impactos na drenagem urbana**. TCC – PUC MINAS.

NUNES, A. A. (2018). **Tendências em eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Belo Horizonte: detecção, impactos e adaptabilidade**. 191f. Tese (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NUNES, D. R. C.; SILVA, P. A. L. (2022). Análise de tendência das séries temporais de precipitação pluviométrica do município de Nova Lima/MG. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.12, p.61-68, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.012.0006>. Acesso em: 30 mai. 2025.

OLIVEIRA, G.; SCAZUFCA, P.; CAPRIO, C. K.B.; ORTIZ, T.; HADDAD, S. F., (2025). **Estudo sobre drenagem e manejo de águas pluviais urbanas no Brasil**. GO associados. Instituto Trata Brasil. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/04/Estudo-estudo-sobre-o-setor-de-drenagem-e-manejo-de-aguas-pluviais-urbanas-no-brasil.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2025.

PAULO, R. F., (2018). **Crescimento Urbano Desordenado: o papel do Estado e da sociedade diante dos impactos socioambientais**. Porto Alegre, RS: Editora Fi.

PEREIRA, J. A., (2023). **Análise de chuvas intensas para o município de Juiz de Fora, MG**. Monografia (Graduação em Engenharia Urbana) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.

PETRUCCI, E.; OLIVEIRA, L. A., (2019). Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação de chuvas intensas para a cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 25.

PINHO, J. A., (2025). **Equação de chuvas intensas como ferramenta de planejamento e gestão da drenagem para o município de Ipatinga-MG**. Monografia (Graduação em Engenharia Urbana) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 72f.

PINTO, J. E. S. S., (2014). **Precipitação Atmosférica**. Climatologia Sistemática. Sergipe.

POMPÊO, C. A., (2000). Drenagem urbana sustentável. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 5, n.1, jan/mar 2000, p.15-23.

PREFEITURA DE CONSELHEIRO LAFAIETE. Utilidade pública. (2021). **Defesa civil disponibiliza acesso para acompanhamento do nível do Rio Bananeiras**. Disponível em: <<https://conselheiolafaiete.mg.gov.br/v2/defesa-civil-disponibiliza-acesso-para-acompanhamento-do-nivel-do-rio-bananeiras/>>. Acesso em 04 jun. 2025.

Projeto de Lei nº 011/2025. “Dispõe sobre a obrigatoriedade de existência de Plano Municipal de Desenvolvimento de Drenagem Urbana de Conselheiro Lafaiete, com o objetivo de adotar o conceito de “Cidades-Esponja” e dá outras providências. Projeto de Lei Municipal, Câmara Municipal de Conselheiro Lafaiete.

Projeto de Lei nº 013/2025. “Dispõe sobre a criação de mecanismos sustentáveis para a gestão das águas pluviais, visando o controle de enchentes e alagamento, e dá outras providências. Projeto de Lei Municipal, Câmara Municipal de Conselheiro Lafaiete.

RAWAT, D. et al., (2022). Modeling of rainfall time series using NAR and ARIMA model over western Himalaya, India. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 15, n.1696.

RIGUETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde & Debate**, São Paulo, v. 43 (spe 3), dez. 2019.

RODRIGUES et al., (2023). Utilizing the Scale Invariance Principle for Deriving a Regional Intensity-Duration-Frequency Relationship in the Metropolitan Region of Belo Horizonte. Brazil. **Journal of Hydrologic Engineering** | Vol. 28, No7.

SALOMÃO, F. X. T., (2010). Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T. G.; SILVA, A. S. DA; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 5ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.

SANTOS, C. A. et al., (2016). **Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na bacia hidrográfica do rio Pardo**. Holos, v.7, p. 179-193.

SCOPEL, V. G., (2018). **Planejamento Urbano**. Porto Alegre, RS: Editora SAGAH Educação S.A.

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, (2023). **Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade-Duração-Frequência**. Belo Horizonte.

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. N., (2003). Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. **Engenharia na Agricultura**, v. 11, n. 1-4.

SILVA, N. R.; DETZEL, D. H. M., (2021). Modificações do teste de Mann-Kendall: A importância das premissas de testes estatísticos. **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

SILVA, S. R.; ARAÚJO, G. R. de S, (2013). Algoritmo para determinação da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5, p. 1371-1383.

SILVA, W. E. G., (2022). **Estudo comparativo das equações de intensidade duração frequência do município de Joinville/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil de Infraestrutura). Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville.

SOUZA, C.F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M., (2012). Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. **Rbhr: revista brasileira de recursos hídricos**. Porto Alegre, RS. Vol. 17, n. 2 (abr/jun.), p. 9-18.

SOUZA, B. P. DE., (2015). **Análise de tendência em séries temporais de precipitação na região dos reservatórios do sistema Cantareira, São Paulo, SP**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

SOUZA FILHO, F.A.; LALL U., (2004). Modelo de Previsão de Vazões Sazonais e Interanuais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 2, pp. 61-74.

STEVENSON, W. J., (1981). **Estatística Aplicada à Administração**. São Paulo: Harbra Ltda.

TEBALDI, I.; LOURENÇO, I. B.; VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M.G., (2018). Projeto da paisagem nos sistemas de drenagem urbana – caso bacia do rio Joana. Ponta Grossa, PR. Atena Editora. **Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade**, v.1.

TEIXEIRA, E. K. C.; FERREIRA, R. L.; LIMA, C. V., (2021). Hydrogeomorphometric characterization of the Bananeiras River microbasin in the municipality of Conselheiro Lafaiete in Minas Gerais Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 15, p. e490101522831, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.22831. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/rsd/article/view/22831>>. Acesso em: 17 jul. 2025.

THOM, H. C. S., (1966). **Some methods of climatological analisys**. Geneve; World Meteorological Organization, pp. 53p. (WMO, 199; TP, 103; Technical note, 81).

TUCCI, C. E. M., (2005). Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades– **Global Water Partnership** – World Bank – UNESCO. 192 p.

TUCCI, C. E. M., (2007). **Urban Drainage in Developing Countries**. CRC Press.

TUCCI, C. E. M., (2012). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH.

TV ALTEROSA, Jornal Alterosa. (2012). **Conselheiro Lafaiete é uma das cidades mais atingidas pela chuva**. 2012. Disponível em: <<https://www.alterosa.com.br/programas/jornal-da-alterosa/conselho-lafaiete-e-uma-das-cidades-mais-atingidas-pela-chuva/>>. Acesso em 04 jun. 2025.

UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. (2013). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012** / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2ª edição revisada e ampliada – Florianópolis: CEPED. 126p.: il. Color: 22cm.

VAREJÃO-SILVA, M. A., (2006). **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife (PE), 446 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A., (1975). **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill.

WILKS, D. S., (2006). Theoretical probability distributions. In: Statistical methods in the atmospheric sciences. **San Diego: Academic Press**, pp. 102-104.

WESCHENFELDER, A. B., (2017). **Tendências de precipitação pluvial diária e projeção de cenários aplicados à nova curva IDF para Porto Alegre - RS**. Tese de Doutorado.

YUE, S. et al., (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. **Hydrological Processes**, v. 16, pp. 1807-1829.

ZUFFO, A. C., (2004). Equações de chuvas são eternas? In: **Congresso Latino-americano de Hidráulica**, XXI, São Pedro, 2004. Anais... São Pedro: 2004.