



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

IGOR DE MELO VIDAL

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE CÁLCULO DE VAZÃO DE
PROJETO EM INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA:
ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

JOÃO PESSOA - PB

2024

IGOR DE MELO VIDAL

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE CÁLCULO DE VAZÃO DE
PROJETO EM INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA:
ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Civil, na Universidade Federal
da Paraíba – UFPB, como requisito
avaliativo para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior.

JOÃO PESSOA - PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

V649c Vidal, Igor de Melo.

Comparação entre métodos de cálculo de vazão de projeto em instalações hidráulicas prediais de água fria: estudo de caso em edificação residencial / Igor de Melo Vidal. - João Pessoa, 2024.
60 f. : il.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Cálculo de vazão de projeto. 2. Instalações prediais de água fria. 3. Dimensionamento de tubulações de água fria. I. Athayde Júnior, Gilson Barbosa. II. Título.

UFPB/CT

CDU 696.1(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

IGOR DE MELO VIDAL

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE CÁLCULO DE VAZÃO DE PROJETO EM INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA: ESTUDO DE CASO DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 22/10/2024 perante a seguinte banca julgadora:

Documento assinado digitalmente
 **GILSON BARBOSA ATHAYDE JUNIOR**
Data: 25/10/2024 11:37:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO VIEIRA SOARES**
Data: 25/10/2024 15:14:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

Prof. Dr. Leonardo Vieira Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **ANA CRISTINA SOUZA DA SILVA**
Data: 26/10/2024 10:36:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

Profa. Dra. Ana Cristina Souza da Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Dedico este trabalho à minha mãe, Maristela,
que desde o princípio despejou em mim
um amor de vazão incalculável.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Maristela Melo, por seu apoio incondicional e por me ensinar a sonhar. Sua força e dedicação foram o combustível que me impulsionou em cada passo desta jornada. Sem você, nada disso seria possível. Agradeço também ao meu pai, Francisco Vidal, e demais familiares, que contribuíram positivamente para minha trajetória. Agradeço ao meu primo e engenheiro, Luan Melo, por compartilhar ensinamentos valiosos sobre engenharia civil e sobre a vida.

Aos amigos da panelinha que trilharam comigo o curso de Engenharia Civil, em especial Igor Ramon, Gabriella, Helena, Ana Letícia, Larissa e Maicon, minha gratidão pelas conversas que se transformaram em planos, pelos trabalhos que terminaram em risadas, pelos intervalos que valeram mais que muitas aulas e pelos momentos em que, muitas vezes sem perceber, me motivaram a seguir em frente. Aos meus amigos de longa data, sou imensamente grato por nossa amizade. Tenho muita sorte de ter vocês ao meu lado ao longo deste ciclo, nos bons e maus momentos. Em especial, Layra e Adhônias, que estiveram sempre presentes e ofereceram ombros amigos em várias etapas dessa jornada.

Agradeço ao meu orientador, professor Gilson, pelo conhecimento transmitido durante as disciplinas e o TCC e pela forma como o fez, despertando em mim o interesse de aprender e me aprofundar na área. Também agradeço aos demais integrantes da banca, professor Leonardo e professora Ana Cristina, profissionais que admiro pelo conhecimento e pela dedicação em sala de aula. À professora Ana, também agradeço por ter ampliado minha visão durante o projeto de extensão.

Agradeço também à Universidade Federal da Paraíba pelo ambiente acadêmico, que fez parte do meu cotidiano nos últimos anos e, mais especificamente, ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental pelo suporte durante a graduação.

Por fim, agradeço a Deus por iluminar meu caminho.

*E a vida, como metáfora de um rio,
tudo traz, tudo leva, tudo lava.*
(Carla Madeira, 2024, p.7)

RESUMO

A NBR 5626/2020 retirou a recomendação do uso do método dos pesos para o cálculo das vazões de projeto de instalações de água fria, conforme existia na versão de 1998 da mesma norma, e deixou a critério do projetista a escolha de um método empírico ou probabilístico, devidamente fundamentado. Nesse sentido, o trabalho realizou pesquisa bibliográfica com o objetivo de identificar métodos recomendados para tal propósito no âmbito nacional e internacional. Dentre eles, selecionou-se os métodos das normas NBR 5626 (1998), IPC (2024), EN 806-3 (2006), além do método de Gonçalves (1986) para aplicar em um estudo de caso, que foi realizado em uma edificação de quatro pavimentos, com quatro apartamentos cada. O método do IPC (2024) estabelece uma conversão direta de unidades de carga para vazão, resultando em valores elevados de vazão, diâmetros nominais (DN) e perdas de carga. Os demais métodos apresentaram resultados próximos entre si em termos de vazão e DN. O método da NBR 5626 (1998) utiliza pesos por tipo de aparelho sanitário para estimar a demanda provável. O método de Gonçalves (1986) considera variáveis que envolvem o perfil de consumo da edificação, exigindo mais parâmetros de entrada definidos pelo projetista. Com os dados estabelecidos, o método de Gonçalves (1986) gerou vazões intermediárias, situando-se entre os valores obtidos pela NBR 5626 (1998) e o EN 806-3 (2006). Por sua vez, o método do EN 806-3 (2006) utiliza um ábaco que leva em consideração tanto a quantidade de unidades de carga a jusante quanto a unidade de carga do aparelho mais carregado. Esse método resultou nos menores valores de vazão e DN entre os abordados. A pressão residual no sistema foi verificada e o método do IPC registrou as maiores pressões enquanto o método do EN 806-3 (2006) apresentou as menores pressões. As perdas de carga nos hidrômetros foram calculadas para vários tipos de hidrômetro e constatou-se que ela é altamente sensível à vazão. Portanto, conclui-se que a escolha de valores de vazão adequados são cruciais para atender à demanda, garantir o funcionamento hidráulico do sistema e selecionar hidrômetro apropriado.

Palavras-chave: Cálculo de vazão de projeto; instalações prediais de água fria; dimensionamento de tubulações de água fria.

ABSTRACT

NBR 5626 (ABNT, 2020) removed the recommendation for the use of the fixture unit method for the design flow rate calculation of cold water installations, as outlined in the 1998 version of the same standard, and left the choice of an empirical or probabilistic method, properly substantiated, to the discretion of the designer. In this context, the study conducted a bibliographic review with the aim of identifying methods for this purpose recommended nationally and internationally. Among them, the methods from NBR 5626 (1998), IPC (2024), EN 806-3 (2006), as well as Gonçalves' method (1986), were selected for application in a case study, which was conducted in a four-story building with four apartments on each floor. The IPC (2024) method establishes a direct conversion of load units to flow, resulting in high flow values, nominal diameters (ND), and head losses. The other methods showed similar results to each other in terms of flow and ND. The NBR 5626 (1998) method uses fixture units based on the type of sanitary appliance to estimate probable demand. Gonçalves' method (1986) considers variables related to the building's consumption profile, requiring more input parameters defined by the designer. With the established data, Gonçalves' method (1986) presented intermediate flows, placing them between the values obtained by NBR 5626 (1998) and EN 806-3 (2006). Meanwhile, the EN 806-3 (2006) method uses an abacus that considers both the total flow rate in loading units and the highest single value load unit. This method resulted in the lowest flow rates and ND values among those considered. The residual pressure in the system was verified, and the IPC method recorded the highest pressures, while the EN 806-3 (2006) method showed the lowest. Head losses in hydrometers were calculated for distinct types of hydrometers, and it was found that these losses are extremely sensitive to flow rate. Therefore, it is concluded that selecting appropriate flow rate is crucial to meet demand, ensure the hydraulic functionality of the system, and choose the proper hydrometer.

Keywords: Design flow rate calculation; cold water plumbing installations; sizing cold water pipes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do trabalho desenvolvido.....	19
Figura 2 - Planta de instalações hidráulicas do pavimento tipo.	20
Figura 3 – Coluna de distribuição (corte C1)	21
Figura 4 - Detalhe isométrico dos ramais e sub-ramais.....	22
Figura 5 - Comprimentos equivalentes das conexões.	23
Figura 6 - Vazão de projeto em função do somatório de LU.	30
Figura 7 - Exemplo de determinação da vazão de projeto pelo método da EN 806-3...	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vazões de projeto pelos diferentes métodos ao longo da coluna de distribuição.	43
Gráfico 2 - Vazões de projeto pelos diferentes métodos ao longo dos ramais e sub-ramais.....	44
Gráfico 3 - Pressão residual ao longo da coluna de distribuição considerando as vazões médias.....	45
Gráfico 4 - Pressão residual nos ramais e sub-ramais considerando as vazões médias. 45	
Gráfico 5 - Pressão residual ao longo da coluna de distribuição considerando as vazões mínimas.	46
Gráfico 6 - Pressão residual nos ramais e sub-ramais considerando as vazões mínimas.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos nacionais de dimensionamento de tubulações.....	15
Tabela 2 – Principais palavras-chave utilizadas para pesquisa bibliográfica.....	17
Tabela 3 – Métodos de cálculo de vazão encontrados em pesquisa bibliográfica.	18
Tabela 4 - Velocidades e vazões máximas em encanamentos prediais de PVC.	23
Tabela 5 - Vazão e pesos relativos nos pontos de utilização em função dos aparelhos sanitários e das peças de utilização.....	26
Tabela 6 - Tabela para estimativa de demanda do IPC (2024).....	27
Tabela 7 - Vazão e unidades de carga nos aparelhos sanitários.	29
Tabela 8 - Durações de descargas, vazões e usos per capita dos aparelhos sanitários...	32
Tabela 9 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método da NBR 5626 (1998).....	33
Tabela 10 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método da NBR 5626 (1998).....	34
Tabela 11 - Unidades de carga em Water Supply Fixture Units (WSFU).	35
Tabela 12 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método do IPC (2024)..	35
Tabela 13 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método do IPC (2024). ..	35
Tabela 14 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método do EN 806-3....	37
Tabela 15 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método do EN 806-3.....	38
Tabela 16 - Cálculo de vazão do trecho AB dos ramais e sub-ramais pelo método de Gonçalves (1986).....	39
Tabela 17 - Número aparelhos considerados (m) para intervalo entre usos (T) de 60 minutos.	39
Tabela 18 - Número aparelhos considerados (m) para intervalo entre usos (T) de 15 minutos.	40
Tabela 19 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método de Gonçalves (1986).....	41
Tabela 20 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método de Gonçalves (1986).....	41
Tabela 21 - Vazões e diâmetros nominais dos trechos da coluna de distribuição.....	42
Tabela 22 - Vazões e diâmetros nominais dos trechos dos ramais e sub-ramais.	43
Tabela 23 - Comprimento de tubulação de cada diâmetro de toda a edificação.	44
Tabela 24 - Perda de carga para hidrômetros de diferentes capacidades (Q _{máx}).	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVO GERAL.....	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. METODOLOGIA.....	17
2.1. PARÂMETROS DE PROJETO.....	19
3. MÉTODOS DE CÁLCULO DE VAZÃO	26
3.1. MÉTODO DA NBR 5626 (ABNT, 1998)	26
3.2. MÉTODO DO IPC (2024)	27
3.3. MÉTODO DO EN 806-3 (2006).....	29
3.4. MÉTODO DE GONÇALVES (1986).....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. RESULTADOS DO MÉTODO DA NBR 5626 (ABNT, 1998).....	33
4.2. RESULTADOS DO MÉTODO DO IPC (2024).....	34
4.3. RESULTADOS DO MÉTODO DO EN 806-3 (2006)	36
4.4. RESULTADOS DO MÉTODO DE GONÇALVES (1986)	38
4.5. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS	42
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DA NBR 5626 (ABNT, 1998) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS.....	53
APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DO IPC (2024) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS	54
APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DO EN 806-3 (2006) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS.....	55

APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DE GONÇALVES (1986) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS.....	56
APÊNDICE E – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DA NBR 5626 (ABNT, 1998) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS.....	57
APÊNDICE F – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DO IPC (2024) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS	58
APÊNDICE G – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DO EN 806-3 (2006) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS	59
APÊNDICE H – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DE GONÇALVES (1986) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS	60

1. INTRODUÇÃO

A NBR 5626:2020 é a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT que especifica os requisitos para projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água fria e água quente (SPAFAQ) no Brasil. Ela preza por assegurar o bom desempenho do sistema, uso racional de água e energia, bem como de garantir a preservação da potabilidade de água no SPAFAQ de edificações de qualquer tipo, seja ela residencial ou não (ABNT, 2020).

A norma apresenta especificações técnicas detalhadas para as instalações prediais de água fria, abrangendo termos, definições e documentação necessária. Ela orienta sobre operação, uso e manutenção, além de requisitos para materiais e componentes, estabelece diretrizes para o projeto, o abastecimento, a reservação e a distribuição de água. Também define como deve ser realizado o dimensionamento das tubulações e a execução das instalações, garantindo conformidade com os padrões técnicos estabelecidos.

No dimensionamento do sistema de distribuição, a versão de 2020 introduz uma alteração significativa em relação à versão de 1998 da mesma norma. Enquanto a versão de 1998 recomendava explicitamente o uso do método empírico dos pesos, conforme descrito no Anexo A (ABNT, 1998), a revisão de 2020 flexibiliza essa orientação, deixando a escolha do método de cálculo de vazões à critério do projetista. Segundo a NBR 5626 (ABNT, 2020), "a vazão de cálculo em cada trecho deve ser estabelecida mediante adoção de um método reconhecido ou devidamente fundamentado, seja ele empírico ou probabilístico".

Essa mudança deixa em aberto a definição do método de cálculo, conferindo ao projetista maior liberdade para escolher a abordagem que considerar mais adequada. Por outro lado, segundo Almeida e Teixeira (2021), essa flexibilidade pode ser considerada uma desvantagem pois o Anexo A da NBR 5626:1998 se apresentava como um manual que direcionava os projetistas.

Os métodos empíricos determinam a vazão por meio de gráficos, tabelas e expressões matemáticas baseadas em experiências práticas dos seus propositores. Já os métodos probabilísticos utilizam ferramentas semelhantes, mas fundamentadas em conceitos probabilísticos, principalmente empregando a função binomial de distribuição de probabilidade. Esses métodos buscam estimar a demanda hídrica considerando a variabilidade no uso dos sistemas, oferecendo uma abordagem estatística para o dimensionamento das instalações (Graça; Gonçalves, 1987).

Conforme o estudo bibliográfico conduzido por Morais et al. (2023), várias pesquisas têm sido desenvolvidas para incorporar fatores mais complexos ao cálculo das vazões em

sistemas prediais de água fria. Tais estudos buscam integrar perfis de consumo específicos da edificação, o comportamento subjetivo dos usuários, a interação com os elementos do sistema e as contínuas mudanças de hábitos na sociedade. Esses avanços visam aprimorar a precisão dos métodos de dimensionamento, adaptando-os às realidades dinâmicas do uso da água nas edificações.

Dentre os métodos mais utilizados que envolvem modelos de simulações em softwares, estão os métodos de Monte Carlo, estocástico, de algoritmos numéricos, algoritmos genéticos, lógica de Fuzzy e teoria da probabilidade binomial (Morais et al., 2023). No âmbito brasileiro, Gonçalves (1986) apresentou um modelo probabilístico para a determinação das vazões de projeto, considerando diversos fatores que influenciam o comportamento dos sistemas. O modelo destaca-se por ser um modelo aberto que possibilita uma flexibilização e adequação por parte do projetista, conforme Moraes et al. (2023).

No tocante às normas internacionais, nos Estados Unidos da América adota-se o International Plumbing Code (IPC), que se trata de uma norma unificada para instalações de água fria, água quente, esgoto sanitário, ventilação e drenagem de águas pluviais. O capítulo 6 do IPC é destinado ao abastecimento e distribuição de água, enquanto o apêndice E trata do dimensionamento do sistema de distribuição de água (ICC, 2024).

Já na União Europeia adota-se a norma britânica (*British Standard* - BSi) EN 806 como a norma oficial em língua inglesa, tratando das especificações para instalações prediais que transportam água para consumo humano. A EN 806 é dividida em cinco partes EN 806-3 (CEN, 2006):

- i. Parte 1: Aspectos gerais
- ii. Parte 2: Projeto
- iii. Parte 3: Dimensionamento das tubulações – Método Simplificado
- iv. Parte 4: Instalação
- v. Parte 5: Operação e manutenção

Desse modo, a EN 806-3 (CEN, 2006) descreve a metodologia de cálculo para o dimensionamento das tubulações. Apesar de recomendar a utilização do método, a norma traz em seu anexo C uma lista de alternativas de métodos de dimensionamentos de vários países europeus, conforme a Tabela 1.

Embora, de acordo com Oliveira (2010), os modelos probabilísticos sejam mais indicados para o cálculo de vazão por considerarem características específicas de cada projeto, observa-se que as normas da maioria dos países mostram uma preferência pelos

métodos empíricos. A principal justificativa é a praticidade dos métodos empíricos em comparação à complexidade dos métodos probabilísticos ao considerar variáveis subjetivas relacionadas ao comportamento dos usuários, o qual pode variar ao longo do tempo em função de fatores como alterações nas condições econômicas, ambientais e situacionais, bem como mudanças das pessoas que ocupam o espaço, no que se refere a quantidade e estilo de vida. Além disso, as normas buscam fornecer diretrizes mais gerais e objetivas, evitando a subjetividade e permitindo uma padronização nas escolhas dos projetistas.

Tabela 1 - Métodos nacionais de dimensionamento de tubulações.

País	Número do documento	Título
Áustria	ÖNORM B 2531-2	<i>Trinkwasserversorgungseinrichtungen in Grundstücken; Bemessung der Rohrleitungen</i>
Dinamarca	DS 439	<i>Code of Practice for domestic water supply installations</i>
Finlândia	National Building Code of Finland, D1	<i>Water supply and drainage installations for buildings — Regulations and recommendations 1987</i>
França	NF P40-202 (ref DTU 60.11)	<i>Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales</i>
Alemanha	DIN 1988-3	<i>Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW</i>
Holanda	VEWIN Working Sheets	<i>Principles of calculation: General and overview</i>
	WB 2.1	<i>Principles of calculation: Flow rate and working pressures for tapware and apparatus</i>
	WB 2.1 A	<i>Principles of calculation: Calculation and design criteria</i>
	WB 2.1 C WB 2.1 G	<i>Principles of calculation and tables for determining pressure losses in pipes</i>
Espanha	Código Técnico de la Edificación, Sección HS4 PNE 149201	<i>Suministro de agua Abastecimiento de agua. Dimensionamiento de instalaciones interiores de agua</i>
Reino Unido	BS 6700:1997	<i>Specification for design, installation, testing and maintenance of services supplying water for domestic use within buildings and their curtilages</i>

Fonte: CEN, 2006.

A Lei 13.312 (2016) altera a Lei 11.445 (2007) e “torna obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais”. Segundo Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010), o método da NBR 5626 (ABNT, 1998) considera um mesmo horário de pico para a utilização dos aparelhos, algo que é encontrado apenas no sistema de medição coletiva, nos quais geralmente existe uma coluna de distribuição para cada ambiente,

o que não é encontrado e sistemas com medição individualizada. Além disso, dependendo do valor de vazão considerado, a perda de carga no hidrômetro varia significativamente. Sendo assim, o valor da vazão influencia fortemente a escolha dos hidrômetros.

Portanto, a dúvida quanto à escolha do método mais adequado justifica a realização de um levantamento bibliográfico abrangente, bem como a aplicação de diferentes abordagens.

A estrutura do documento está organizada da seguinte forma: No Capítulo 1, apresenta-se a introdução, com o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho. O Capítulo 2 descreve a metodologia adotada, incluindo os parâmetros de projeto. No Capítulo 3, são explicados os métodos de cálculo de vazão escolhidos para o estudo de caso. O Capítulo 4 exemplifica a aplicação dos métodos, apresenta e compara os resultados obtidos. No Capítulo 5, apresentam-se as considerações finais, seguidas de recomendações para trabalhos futuros. Por fim, são incluídos os apêndices, contendo tabelas detalhadas dos dimensionamentos.

1.1. OBJETIVO GERAL

Comparar métodos de cálculo de vazão de projeto em sistemas prediais de água fria utilizados no Brasil e em outros países.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Efetuar levantamento bibliográfico acerca dos métodos de cálculo de vazão em sistemas prediais de água fria utilizados no Brasil e em outros países;
- ii. Aplicar as metodologias escolhidas em estudo de caso;
- iii. Comparar os resultados de diâmetro das tubulações, pressão e perda de carga no hidrômetro obtidos para cada método de cálculo;
- iv. Discutir acerca da praticidade e aplicabilidade dos métodos estudados.

2. METODOLOGIA

Inicialmente, foram analisadas as alterações introduzidas pela NBR 5626:2020 em comparação com a NBR 5626:1998 através da leitura crítica dessas normas, com o objetivo de identificar as principais mudanças. Para compreender quais os métodos predominantes indicados e se diferem do método dos pesos recomendado anteriormente, buscou-se a norma de outros países. Nesse sentido, foram selecionadas as normas americana e europeia como dois dos métodos a serem aplicados no estudo do caso, além do método da NBR 5626:1998.

Através da plataforma *Google Scholar*, pesquisou-se artigos e monografias a partir de 2020 que discutem sobre essa mudança da NBR 5626 acerca do cálculo de vazão. Assim verificou-se que, além da mudança no dimensionamento dos tubos, a mudança do valor numérico da vazão calculada influencia significativamente na seleção do hidrômetro. Assim, decidiu-se incluir uma análise das diferenças na perda de carga em função dos diferentes valores de vazão calculados.

Posteriormente, realizou-se a busca de referências que discutem ou aplicam métodos de cálculo de vazão em instalações prediais, utilizando associações, em português e inglês, entre as palavras-chave presentes na Tabela 2. Exemplos de expressões utilizadas são: “Cálculo de vazão em instalações prediais” e “*Flow rate calculation for building plumbing systems*”, bem como “Métodos de dimensionamento de tubulações para abastecimento de água fria” e “*Sizing plumbing methods for water supply*”.

Tabela 2 – Principais palavras-chave utilizadas para pesquisa bibliográfica.

Palavras-chave	
Português	Inglês
Abastecimento de água	Water supply
Água fria	Cold water
Cálculo	Calculation
Demanda	Demand
Dimensionamento	Sizing
Método	Method
Método empírico	Empirical method
Método probabilístico	Probabilistic method
Predial	Building
Projeto	Design
Tubulação	Plumbing
Unidades de demanda	Loading units
	Fixture units
Vazão	Flow rate

Fonte: Autoria própria.

No decorrer da pesquisa, verificou-se a recorrência dos autores O. M. Gonçalves, L. H. de Oliveira e M. S. O. Ilha. Em razão dessa constatação, foram realizadas buscas aprofundadas de trabalhos desses autores nas plataformas *Google Scholar*, *ResearchGate* e no Repositório da Produção USP (ReP), pois os dois primeiros pesquisadores estão vinculados à Universidade de São Paulo (USP).

O método proposto por Gonçalves (1986) foi o mais citado entre os documentos analisados, sendo inclusive utilizado na NBR 8160/1999: Sistemas prediais de esgoto sanitário (ABNT, 1999) para o cálculo de vazão de esgoto sanitário. Sendo assim, esse foi o método probabilístico escolhido para o estudo de caso.

Ao todo, foram analisados 15 métodos, sendo 7 empíricos e 8 probabilísticos, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Métodos de cálculo de vazão encontrados em pesquisa bibliográfica.

Tipo	Métodos	País de origem	Ano de origem
Empírico	NBR 5626:1998	Alemanha	1940
	Francês	França	1942
	Britânico	Reino Unido	1946
	RAE - Repartição de Águas e Esgotos de São Paulo	Brasil	1949
	Raiz quadrada modificado	-	1978
	Decreto Regulamentar nº 23	Portugal	1995
	EN 806	Suíça	2006
Probabilístico	Hunter	Estados Unidos	1940
	IPC – Baseado em Hunter	Estados Unidos	1940
	Monte Carlo	Estados Unidos	1944
	Lógica Fuzzy	Estados Unidos	1965
	Webster	Reino Unido	1972
	Konen - Hunter modificado	Estados Unidos	1980
	Murakawa	Japão	1985
	Gonçalves	Brasil	1986

Fonte: Autoria própria.

Posteriormente, realizou-se estudo de caso aplicando os métodos:

- i. Método 1: NBR 5626 (1998), selecionado por ser amplamente utilizada no Brasil e bem estabelecida no contexto normativo nacional;
- ii. Método 2: IPC (2024), escolhido por ser parte de uma norma internacional reconhecida e amplamente utilizada nos Estados Unidos;

- iii. Método 3: EN 806-3 (2006), escolhido por se tratar de um método presente em uma norma internacional, recomendado pela União Europeia;
- iv. Método: Gonçalves (1986), incluído por ser um método probabilístico amplamente discutido na literatura brasileira.

Em resumo, o desenvolvimento do trabalho se deu por meio das etapas presentes no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do trabalho desenvolvido.



Fonte: Autoria própria.

2.1. PARÂMETROS DE PROJETO

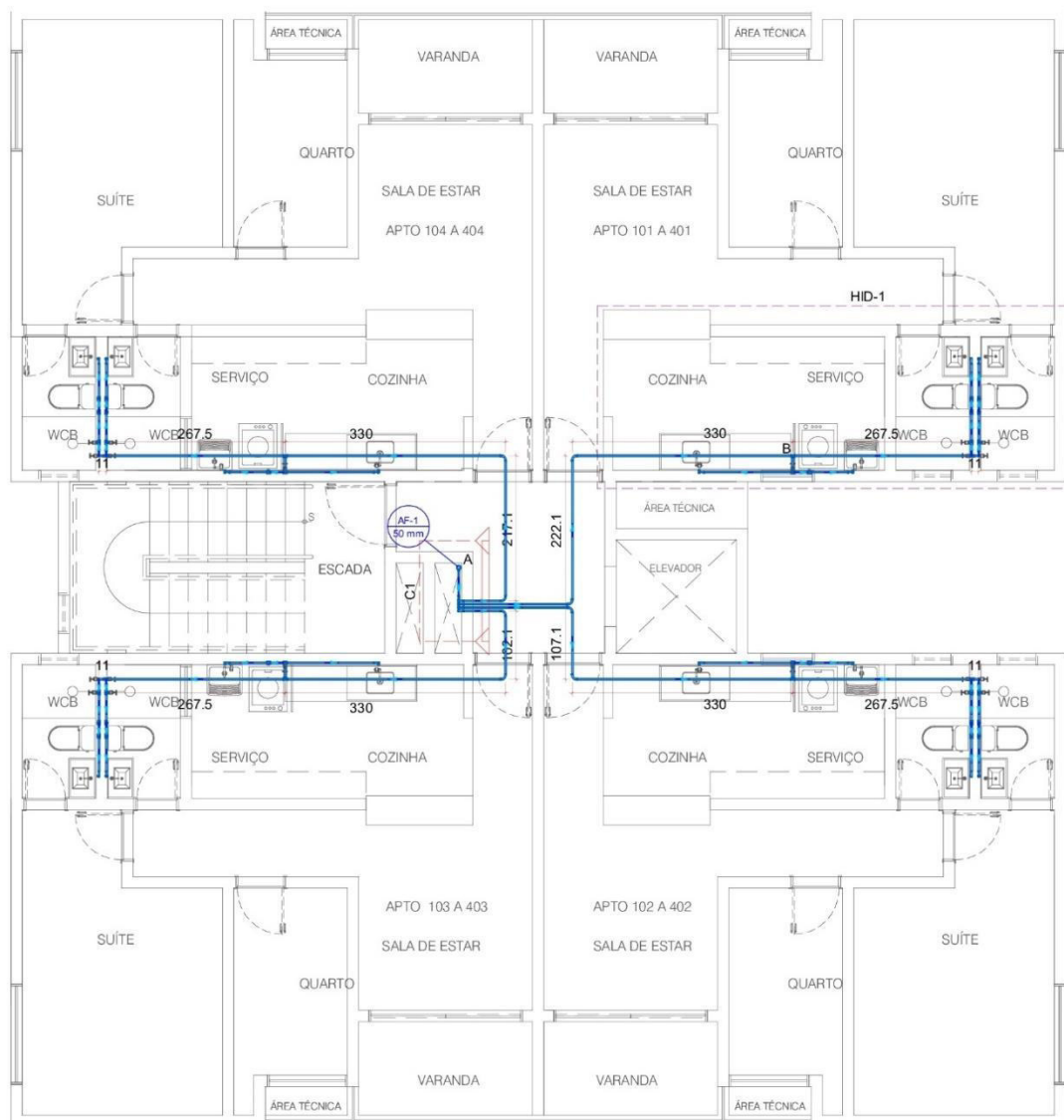
Com intuito de aplicar os métodos escolhidos, foi desenvolvido um estudo de caso utilizando uma edificação residencial de 4 pavimentos, cada um com 4 apartamentos, totalizando 16 apartamentos. Cada apartamento é constituído de sala de estar, varanda, cozinha/área de serviço, dois quartos, sendo um suíte e um banheiro social. Os pontos de utilização de cada apartamento são:

- i. Cozinha: uma pia;
- ii. Área de serviço: uma máquina de lavar (MLR) e um tanque de lavar (TLR);

- iii. Banheiros: um chuveiro (CH), uma ducha higiênica (DH), um vaso sanitário (VS) e um lavatório (LV) em cada banheiro.

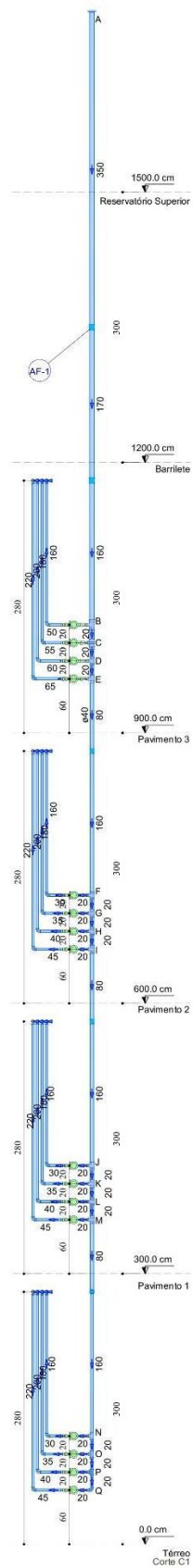
O sistema de medição da edificação considerado foi o individualizado e os hidrômetros estão localizados em cada pavimento. Inicialmente, realizou-se o lançamento das tubulações e segmentou-se o sistema em trechos como mostra a Figura 2. O dimensionamento do sistema foi separado em duas partes: a primeira correspondente à coluna de distribuição (Figura 3) e a segunda aos ramais e sub-ramais (Figura 4). O apartamento 401 foi utilizado como base para o exemplo de aplicação das tubulações no estudo de caso, tratando-se da situação mais desfavorável em termos de pressão.

Figura 2 - Planta de instalações hidráulicas do pavimento tipo.



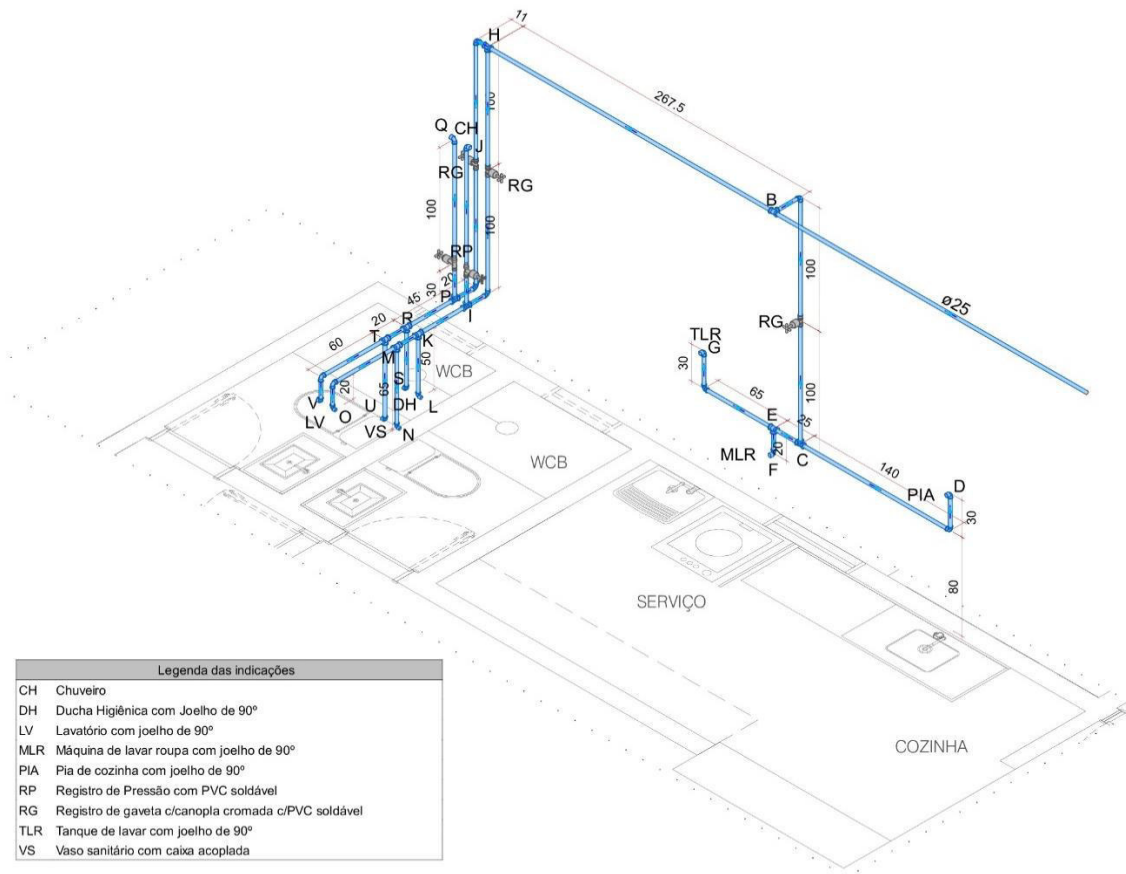
Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Coluna de distribuição (corte C1)



Fonte: Autoria própria.

Figura 4 - Detalhe isométrico dos ramais e sub-ramais



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foram definidas as vazões para cada trecho utilizando os métodos detalhados no tópico seguinte. Com base na vazão, determinou-se o diâmetro da tubulação considerando velocidade máxima de 3 m/s (ABNT, 1998) limitando-se a $14\sqrt{D}$ para evitar a geração de ruídos (Creder, 2006). Então, utilizou-se a Tabela 4 para selecionar os diâmetros comerciais das tubulações. Posteriormente, determinou-se a perda de carga unitária através da fórmula prática de Fair-Whipple-Hsiao (ABNT, 1998) para tubos hidraulicamente lisos, apresentada na equação (1), por se tratar de encanamento de PVC. As perdas localizadas foram calculadas através do processo dos comprimentos equivalentes, cujos valores utilizados estão na Figura 5.

$$J = \frac{8,69 * 10^5 * Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (1)$$

Onde,

J = perda de carga unitária (mca/m)

Q = vazão (L/s)

D = diâmetro do tubo (mm)

Tabela 4 - Velocidades e vazões máximas em encanamentos prediais de PVC.

Diâmetros (DN)	Dint (mm)	Seção (m²)	Vmax (m/s)	Qmax 1 (l/s)	Qmax 2 (l/s)
20	17	0,000227	1,83	0,414	0,681
25	21,6	0,000336	2,06	0,754	1,099
32	27,8	0,000607	2,33	1,417	1,821
40	35,2	0,000973	2,63	2,556	2,919
50	44	0,001521	2,94	4,465	4,562
60	53,4	0,00224	3	6,719	6,719
75	66,6	0,003484	3	10,451	10,451
85	75,6	0,004489	3	13,467	13,467
110	97,8	0,007512	3	22,537	22,537

Qmax 1: quando a questão do ruído possa incomodar.

Qmax 2: quando a questão do ruído puder ser negligenciada.

Fonte: Athayde Junior, 2018.

Figura 5 - Comprimentos equivalentes das conexões.

Perdas de carga localizadas - Sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido																	
		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
DE (mm)	D. ref. (pol.)																
20	¾	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15	0,3	8,4
40	1¼	2	1	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22	0,4	10,5
50	1½	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17
60	2	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25	8,2	12,5	38	0,9	19
85	3	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8	8	2	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40	0,9	20
110	4	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3	8,3	2,2	4	3,9	28,6	10,4	16	42,3	1	22,1

Fonte: Tigre, 2016.

Assim, calculou-se a perda de carga total nos trechos de acordo com a equação (2):

$$\Delta h = J * (L_{real} + L_{eq}) \quad (2)$$

Onde,

L_{real} = comprimento real do trecho (m)

L_{eq} = comprimento equivalente do trecho (m)

A perda de carga nos hidrômetros foi obtida pela equação (3). Para o dimensionamento inicial, foram considerados hidrômetros de 5 m³/h para efeito de

padronização. No entanto, na discussão foram analisadas as perdas de cargas para várias capacidades de hidrômetro. Já a perda de carga nos registros de pressão foi obtida pela equação (4), conforme a ABNT (1998).

$$\Delta h_{hid} = \left(\frac{36 * Q}{Q_{max}} \right)^2 \quad (3)$$

Onde,

Δh_{hid} = perda de carga no hidrômetro (kPa)

Q = vazão estimada na seção considerada (L/s)

Q_{max} = vazão máxima especificada para o hidrômetro (m³/h)

$$\Delta h_{rp} = \frac{8 * 10^6 * K * Q^2}{\pi^2 * d^4} \quad (4)$$

Onde,

Δh_{rp} = perda de carga no registro (kPa)

K = coeficiente de perda de carga do registro

d = diâmetro interno da tubulação (mm).

Por fim, verificou-se as pressões analisando as pressões à montante, as perdas de carga e as diferenças de cota, através da equação (5). Vale ressaltar que o dimensionamento foi feito exclusivamente para a vazão demandada, sem ajustes de diâmetro para satisfazer a pressão requerida.

$$P_{disp,r} = P_{disp,m} - \Delta h + \Delta cota \quad (5)$$

Onde,

$P_{disp,r}$ = pressão disponível residual no final do trecho (mca)

$P_{disp,m}$ = pressão disponível à montante do trecho (mca)

$\Delta cota$ = diferença de cotas entre montante e jusante do trecho (m)

Na verificação do funcionamento hidráulico do sistema, fixaram-se os valores de vazão para avaliar como a variação no diâmetro, resultante da aplicação de diferentes métodos de cálculo de vazão, influencia as pressões residuais disponíveis. Na ausência de dados reais

de vazão, foram inicialmente calculadas as pressões considerando a vazão média, definida como a média dos valores obtidos pelos quatro métodos em cada trecho. Também foram calculadas as pressões utilizando a vazão mínima, correspondente ao menor valor entre os resultados dos quatro métodos em cada trecho.

3. MÉTODOS DE CÁLCULO DE VAZÃO

A seguir estão descritos os procedimentos para o cálculo da vazão de projeto de instalações prediais de água fria conforme os métodos selecionados.

3.1. MÉTODO DA NBR 5626 (ABNT, 1998)

O método dos pesos relativos descrito no “Anexo A – Procedimento para dimensionamento de tubulações da rede predial de distribuição” da NBR 5626 (ABNT, 1998) se trata de um método alemão, proposto em 1940, conforme indicado por Graça e Gonçalves (1987). Esse método estabelece pesos específicos para cada tipo de aparelho sanitário, com base na sua respectiva vazão de projeto, sendo aplicável a edificações de uso comum, ou seja, que não possuem demanda intensa. Assim, este método não se aplica a edificações como cinemas, estádios e escolas.

A quantidade de cada tipo de peça de utilização alimentada pela tubulação, que está sendo dimensionada, é multiplicada pelos correspondentes pesos relativos e a soma dos valores obtidos nas multiplicações de todos os tipos de peças de utilização constitui a somatória total dos pesos (ΣP). (NBR 5626, 1998)

Então, utiliza-se a Equação (6) para converter o somatório calculado em vazão demandada para o dimensionamento da tubulação. Em trechos que possuem apenas um aparelho, utiliza-se a vazão de projeto do aparelho.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\Sigma P} \quad (6)$$

Desse modo, a partir dos valores da Tabela 5 e da Equação (6), determina-se o somatório de pesos e as vazões correspondentes a cada trecho. Em seguida, realiza-se o dimensionamento conforme descrito no item 2.1.

Tabela 5 - Vazão e pesos relativos nos pontos de utilização em função dos aparelhos sanitários e das peças de utilização.

(continua)

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de Projeto (L/s)	Peso Relativo
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,7	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,3	1
Bebedouro	Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,2	0,4

			(conclusão)	
Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de Projeto (L/s)	Peso Relativo	
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1	0,1	
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,3	1	
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3	
	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
Mictório cerâmico	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3	
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7	
	Torneira elétrica	0,1	0,1	
Tanque	Torneira	0,25	0,7	
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,2	0,4	

Fonte: NBR 5626, 1998.

3.2. MÉTODO DO IPC (2024)

O método descrito em “Apêndice E – Dimensionamento de sistema de tubulação de água” (IPC, 2024) traz dois procedimentos de projeto, um baseado na pressão estática mínima e outro na vazão demandada para a operação dos pontos de utilização.

Para calcular a vazão demandada, atribui-se unidades de consumo, chamadas de *Water Supply Fixture Units* (WSFU), para cada tipo de aparelho. Esse fator numérico mede o efeito de carga que um aparelho sanitário produz. O modelo considera uma curva básica de probabilidade e converte diretamente o somatório de WSFU em vazão, expressa em galões por minuto (gpm), através da Tabela 6. Para conversão, adota-se a relação de 1 gpm = 3,785 L/min.

Tabela 6 - Tabela para estimativa de demanda do IPC (2024)

(continua)

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO PREDOMINANTEMENTE POR CAIXAS DE DESCARGA			SISTEMAS DE ABASTECIMENTO PREDOMINANTEMENTE POR VÁLVULAS DE DESCARGA		
Carga (Water supply fixture units)	(Galões por minuto)	Demanda (Pé cúbico por minuto)	Carga (Water supply fixture units)	(Galões por minuto)	Demanda (Pé cúbico por minuto)
1	3	0,0	—	—	—
2	5	0,1	—	—	—
3	6,5	0,9	—	—	—
5	9,4	1,3	5	15	2,0
6	10,7	1,4	6	17,4	2,3
7	11,8	1,6	7	19,8	2,6
8	12,8	1,7	8	22,2	3,0

(conclusão)

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO PREDOMINANTEMENTE POR CAIXAS DE DESCARGA			SISTEMAS DE ABASTECIMENTO PREDOMINANTEMENTE POR VÁLVULAS DE DESCARGA		
Carga (Water supply fixture units)	Demanda (Galões por minuto)	Carga (Pé cúbico por minuto)	Carga (Water supply fixture units)	Demanda (Galões por minuto)	Carga (Pé cúbico por minuto)
9	13,7	1,8	9	24,6	3,3
10	14,6	2,0	10	27	3,6
11	15,4	2,1	11	27,8	3,7
12	16	2,1	12	28,6	3,8
13	16,5	2,2	13	29,4	3,9
14	17	2,3	14	30,2	4,0
15	17,5	2,3	15	31	4,1
16	18	2,9	16	31,8	4,2
17	18,4	2,5	17	32,6	4,4
18	18,8	2,5	18	33,4	4,5
19	19,2	2,6	19	34,2	4,6
20	19,6	2,6	20	35	4,7
25	21,5	2,9	25	38	5,1
30	23,3	3,1	30	42	5,6
35	24,9	3,3	35	44	5,9
40	26,3	3,5	40	46	6,1
45	27,7	3,7	45	48	6,4
50	29,1	3,7	50	50	6,7
60	32	4,3	60	54	7,2
70	35	4,7	70	58	7,8
80	38	5,1	80	61,2	8,2
90	41	5,5	90	64,3	8,6
100	43,5	5,8	100	67,5	9,0
120	48	6,4	120	73	9,8
140	52,5	7,0	140	77	10,3
160	57	7,6	160	81	10,8
180	61	8,2	180	85,5	11,4
200	65	8,7	200	90	12,0
225	70	9,4	225	95,5	12,8
250	75	10,0	250	101	13,5
275	80	10,7	275	104,5	14,0
300	85	11,4	300	108	14,4
400	105	14,0	400	127	17,0
500	124	16,6	500	143	19,1
750	170	22,7	750	177	23,7
1000	208	27,8	1000	208	27,8
1250	239	31,9	1250	239	31,9
1500	269	36,0	1500	269	36,0
1750	297	39,7	1750	297	39,7
2000	325	43,4	2000	325	43,4
2500	380	50,8	2500	380	50,8
3000	433	57,9	3000	433	57,9
4000	525	70,2	4000	525	70,2
5000	593	79,3	5000	593	79,3

Fonte: Adaptado de IPC (2024)

3.3. MÉTODO DO EN 806-3 (2006)

A terceira parte da norma europeia para especificações de instalações prediais de água fria aborda o dimensionamento das tubulações e apresenta um método simplificado para o cálculo de vazão. Este método é adequado para instalações classificadas como padrão, ou seja, aquelas cujos ponto de utilização não ultrapassam os valores de vazão indicados na Tabela 7, não excedem os limites estabelecidos no ábaco da Figura 6, e não possuem uso contínuo, definido como um período de operação superior a 15 minutos.

Tabela 7 - Vazão e unidades de carga nos aparelhos sanitários.

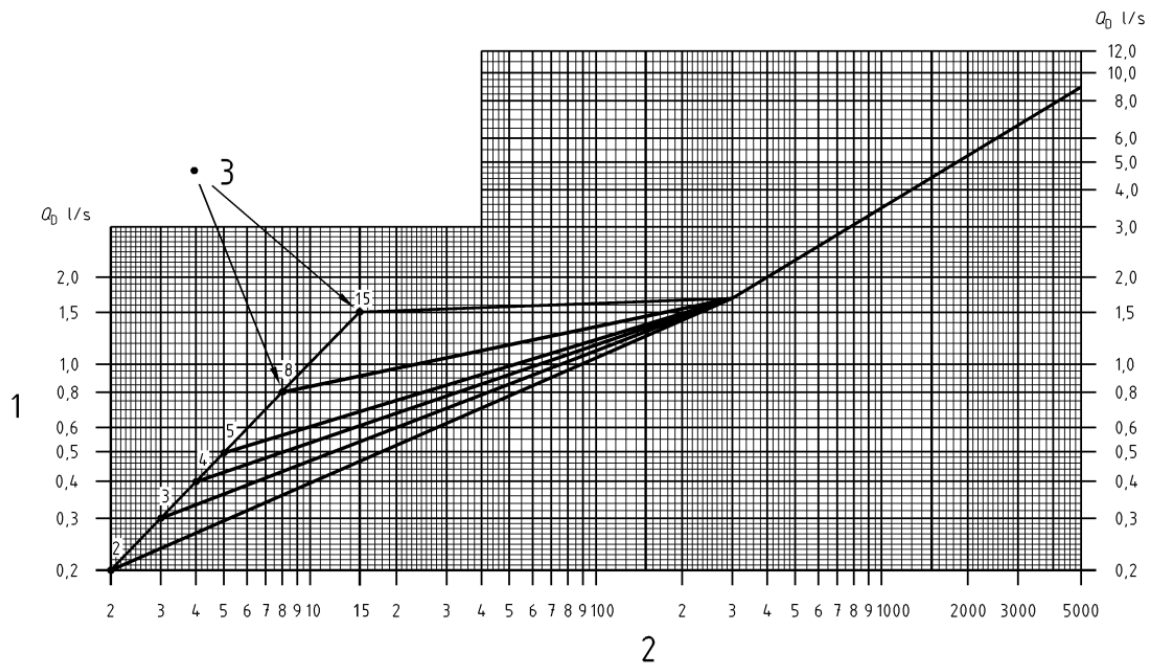
Aparelho sanitário	Qa	Qmin	Unidades de carga - Loading Units (LU)
	(l/s)	(l/s)	
Lavatório e caixa de descarga	0,1	0,1	1
Pia de cozinha doméstica, lavadora de roupas, lavadora de louças e chuveiro	0,2	0,15	2
Mictório com válvula de descarga	0,3	0,15	3
Banheira	0,4	0,3	4
Torneira de jardim	0,5	0,4	5
Pia e banheira não domésticos	0,8	0,8	8
Válvula de descarga	1,5	1	15

Fonte: EN 806-3 (CEN, 2006).

O método atribui a cada tipo de aparelho uma vazão de retirada, uma vazão mínima e uma unidade de carga, sendo 1 *Loading Unit* (LU) equivalente a uma vazão de 0,1 L/s. Dessa forma, define-se a quantidade de aparelhos do mesmo tipo, multiplica-se pelo respectivo peso de cada um, obtendo-se o somatório total das unidades de carga, que representa a vazão total (Q_t), expressa em LU. Além disso, registra-se o valor da vazão em LU do aparelho com maior vazão a jusante do trecho.

Com esses dados utiliza-se o ábaco da Figura 6 para encontrar a vazão de projeto (Q_d). No eixo Y do ábaco (1), tem-se Q_d em litros por segundo, enquanto o eixo X (2) representa Q_t em LU. Além disso, (3) representa exemplo de valor mais alto de um único aparelho em LU.

Figura 6 - Vazão de projeto em função do somatório de LU.



Fonte: EN 806-3 (CEN, 2006).

O procedimento consiste em identificar o valor mais alto de LU para um único aparelho, o que define a linha a ser usada para encontrar Q_d em função de Q_t . Ao localizar o valor de Q_t no eixo X, traça-se uma linha vertical até a interseção com a linha que parte do ponto definido pelo aparelho com maior vazão e, em seguida, segue-se horizontalmente até o eixo Y, onde se encontra a vazão de projeto a ser utilizada no dimensionamento.

3.4. MÉTODO DE GONÇALVES (1986)

O método apresentado por Gonçalves (1986) é aberto, o que significa que exige a definição de alguns parâmetros de entrada pelo projetista. Esses parâmetros são determinados com base na experimentação ou em dados disponíveis na literatura, levando em conta a tipologia do projeto e o perfil de consumo da edificação, além do fator de falha (Honorato e Campos, 2020). As variáveis envolvidas no cálculo incluem a vazão unitária para cada tipo de aparelho (q) e a frequência de uso, que depende do comportamento dos usuários em relação ao consumo de água. Esse comportamento é caracterizado por variáveis como a duração do período de pico (t_p), a duração do uso dos pontos de utilização (t) e o intervalo entre os usos (T), conforme descrito por Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008).

Esse método é recomendado na NBR 8160 (ABNT, 1999) para o cálculo de vazão no ramal de esgoto sanitário, mas também tem sido utilizado para o dimensionamento de instalações de água fria, conforme descrito por Honorato e Campos (2020), Ilha, Oliveira e

Gonçalves (2008), Amorim e Campos (2021), Ferreira et al. (2022), Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010) e Konrad (2018).

Conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999) vazão é dada por:

$$Q = \sum_{i=1}^n (m_i * q_i) \quad (7)$$

Onde,

n = número de tipos de aparelhos sanitários no trecho considerado;

m_i = número de aparelhos sanitários do tipo i a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha;

q_i = vazão de contribuição do aparelho sanitário do tipo i .

A quantidade de aparelhos a serem considerados (m) foi definida de acordo com as tabelas presentes na NBR 8160 (ABNT, 1999), que utilizam uma distribuição binomial para determinar esses valores. O fator de falha local (ξ) adotado foi de 5%, conforme recomendado por Gonçalves (1986). Os dados de entrada dessas tabelas incluem o intervalo médio entre descargas consecutivas (T), expresso em minutos, o número de aparelhos a jusante (n), e a duração média das descargas (t), em segundos.

O intervalo entre os usos (T) foi calculado através da Equação (8), conforme indicado por Ferreira et al. (2022), seguindo formulação proposta por Gonçalves e Graça (1987).

$$T_i = \frac{n * t_p}{u * P} \quad (8)$$

Onde,

T_i = Intervalo entre os usos (s/uso);

n = número de aparelhos considerados;

t_p = período de pico (s);

u = número de usos per capita de cada equipamento no período de pico (uso/hab.);

P = população atendida no período de pico (hab.).

O período de pico (t_p) representa o intervalo de tempo durante o dia em que há probabilidade de mais aparelhos estarem em uso simultâneo. Segundo Ilha, Oliveira e Gonçalves (2010), a condição mais crítica geralmente ocorre entre 18h e 20h, quando há

maior utilização simultânea dos aparelhos sanitários nos banheiros e na cozinha. Assim, para o presente estudo, foi considerado um período de pico de 2 horas, o equivalente a 7.200 segundos. As vazões unitárias dos aparelhos (q), o número de usos per capita de cada equipamento no período de pico (u) e o tempo de duração das descargas a cada uso (t) foram obtidos a partir da Tabela 8, baseadas em pesquisas de campo realizadas por Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008).

Tabela 8 - Durações de descargas, vazões e usos per capita dos aparelhos sanitários.

Aparelho sanitário	Duração da descarga (s)			Vazão (L/s)			Usos per capita		
	Mínimo	Mais provável	Máximo	Mínimo	Mais provável	Máximo	Mínimo	Mais provável	Máximo
LV e DH	15	25	30	0,05	0,07	0,1	1	1	2
BS	45	68	85	0,08	0,10	0,15	0	1	1
CH	300	480	900	0,05	0,09	0,12	0	1	1
PIA	15	30	60	0,1	0,12	0,2	3	4	6
MLR	480	720	960	0,1	0,13	0,19	0	1	2
TLR	20	30	40	0,1	0,15	0,2	0	1	1

Fonte: Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são realizados exemplos da aplicação dos métodos para o trecho AB dos ramais e sub-ramais onde encontram-se, a jusante, os pontos de utilização de um apartamento, abrangendo dois banheiros, cozinha e área de serviço. Além disso, são apresentados e comparados os resultados obtidos seguindo o procedimento de dimensionamento proposto no capítulo 2. As planilhas contendo o dimensionamento completo estão apresentadas nos Apêndices do documento.

4.1. RESULTADOS DO MÉTODO DA NBR 5626 (ABNT, 1998)

Os resultados do dimensionamento da coluna de distribuição, assim como dos ramais e sub-ramais estão apresentados na Tabela 9 e na Tabela 10, respectivamente. Demonstrando o exemplo de cálculo, os pesos relativos dos aparelhos do apartamento são: CH = 0,4; BS = 0,3; DH = 0,1; LV = 0,3; PIA = 0,7; MLR = 1,0; TLR = 0,7. Assim, o somatório dos pesos relativos é dado por:

$$\Sigma P = 2 * (0,4 + 0,3 + 0,1 + 0,3) + 0,7 + 1 + 0,7 = 4,6$$

Em seguida, aplicando a Equação (6):

$$Q = 0,3 * \sqrt{4,6} = 0,64 \text{ L/s}$$

Tabela 9 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método da NBR 5626 (1998).

TRECHO	Σp (acumulados)	Q (L/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
AB	73,6	2,57	50	6,14	6,51
BC	69,0	2,49	40	6,01	6,56
CD	64,4	2,41	40	5,90	6,61
DE	59,8	2,32	40	5,81	6,68
EF	55,2	2,23	40	7,59	8,78
FG	50,6	2,13	40	7,54	8,86
GH	46,0	2,03	40	7,52	8,95
HI	41,4	1,93	40	7,51	9,04
IJ	36,8	1,82	40	9,49	11,21
JK	32,2	1,7	40	9,52	11,32
KL	27,6	1,58	40	9,58	11,45
LN	23,0	1,44	40	9,67	11,58
MN	18,4	1,29	32	11,46	13,65
NO	13,8	1,11	32	11,50	13,76
OP	9,2	0,91	32	11,58	13,89
PQ	4,6	0,64	25	11,56	13,97

Fonte: Autoria própria.

Tabela 10 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método da NBR 5626 (1998).

TRECHO	Σp (acumulado s)	Q (L/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
AB	4,6	0,64	25	-0,87	2,02
BC	2,4	0,46	25	0,70	3,73
CD	-	0,25	20	-0,05	3,23
CE	1,7	0,39	20	0,26	3,41
EF	-	0,3	20	0,17	3,49
EG	-	0,25	20	-0,27	2,97
BH	2,2	0,44	25	-1,32	1,82
HI	1,1	0,31	20	-0,53	2,98
IJ	-	0,1	20	-2,51	1,40
IK	1,0	0,3	20	-0,74	2,86
KL	-	0,2	20	-0,46	3,31
KM	0,6	0,23	20	-0,84	2,81
MN	-	0,15	20	-0,42	3,37
MO	-	0,15	20	-0,70	2,98
HP	1,1	0,31	20	-0,03	3,33
PQ	-	0,1	20	-2,00	1,75
PR	1	0,3	20	-0,24	3,21
RS	-	0,2	20	0,04	3,66
RT	0,6	0,23	20	-0,34	3,16
TU	-	0,15	20	0,08	3,72
TV	-	0,15	20	-0,20	3,33

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o cálculo da perda de carga no hidrômetro foi calculado pela Equação (3):

$$\Delta h_{hid} = \left(\frac{36 * 0,64}{5} \right)^2 = 21,46 \text{ kPa} = 2,19 \text{ mca}$$

4.2. RESULTADOS DO MÉTODO DO IPC (2024)

Utilizou-se os dados presentes na Tabela 11 para determinar o somatório de unidades de consumo, converteu-se para galões por minuto e depois para litros por segundo, resultando no dimensionamento da Tabela 12 e da Tabela 13. Aplicando o mesmo exemplo do item anterior, o somatório das cargas em WSFU é calculado como:

$$\Sigma wsfu = 2 * (1 + 2,2 + 1 + 0,5) + 1 + 1 + 1 = 12,4$$

Logo,

$$Q = 16,20 \text{ gpm} = 1,02 \text{ L/s}$$

Tabela 11 - Unidades de carga em Water Supply Fixture Units (WSFU).

Aparelho sanitário		Tipo de controle de abastecimento	Unidades de carga em Water Supply Fixture Units (WSFU)
Pia		Torneira	1
		Torneira	1
Lavadora de roupas		Automática	1
Lavatório		Torneira	0,5
Chuveiro e ducha		Misturador	1
Bacia sanitária	Privada	Caixa de descarga	2,2

Fonte: Adaptado de IPC (2024).

Tabela 12 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método do IPC (2024).

TRECHO	Somatório das unidades de carga (WSFU)	Q (gpm)	Q (l/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
AB	73,6	64,68	4,08	50	6,14	6,51
BC	69,0	62,20	3,92	50	6,18	6,63
CD	64,4	59,72	3,77	50	6,23	6,76
DE	59,8	57,24	3,61	50	6,29	6,90
EF	55,2	54,48	3,44	50	8,43	9,18
FG	50,6	51,69	3,26	50	8,51	9,32
GH	46,0	48,90	3,08	50	8,60	9,46
HI	41,4	46,11	2,91	50	8,70	9,61
IJ	36,8	43,30	2,73	50	10,93	11,92
JK	32,2	40,04	2,53	40	10,96	12,03
KL	27,6	36,32	2,29	40	11,02	12,15
LN	23,0	32,60	2,06	40	11,11	12,28
MN	18,4	28,99	1,83	40	13,27	14,55
NO	13,8	25,52	1,61	40	13,39	14,71
OP	9,2	21,42	1,35	32	13,47	14,84
PQ	4,6	16,20	1,02	32	13,60	15,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 13 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método do IPC (2024).

(continua)						
TRECHO	Somatório das unidades de carga (WSFU)	Q (gpm)	Q (l/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
AB	12,4	16,20	1,02	32	1,24	3,14
BC	3,0	6,50	0,41	20	1,98	4,28
CD	1,0	3,00	0,19	20	1,23	3,79
CE	2,0	5,00	0,32	20	1,54	3,96
EF	1,0	3,00	0,19	20	1,45	4,04

(conclusão)

TRECHO	Somatório das unidades de carga (WSFU)	Q (gpm)	Q (l/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
EG	1,0	3,00	0,19	20	1,01	3,52
BH	9,4	14,06	0,89	32	1,10	3,08
HI	4,7	8,98	0,57	25	2,69	4,79
IJ	1,0	3,00	0,19	20	0,71	3,21
IK	3,7	8,50	0,54	25	2,62	4,75
KL	1,0	3,00	0,19	20	2,90	5,20
KM	2,7	6,05	0,38	20	2,52	4,70
MN	2,2	5,30	0,33	20	2,94	5,26
MO	0,5	1,50	0,09	20	2,66	4,87
HP	4,7	8,98	0,57	25	2,87	4,92
PQ	1,0	3,00	0,19	20	0,90	3,34
PR	3,7	8,50	0,54	25	2,80	4,88
RS	1	3,00	0,19	20	3,08	5,33
RT	2,7	6,05	0,38	20	2,70	4,83
TU	2,2	5,30	0,33	20	3,12	5,39
TV	0,5	1,50	0,09	20	2,84	4,99

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o cálculo da perda de carga no hidrômetro foi calculado pela Equação (3):

$$\Delta h_{hid} = \left(\frac{36 * 1,04}{5} \right)^2 = 54,12 \text{ kPa} = 5,52 \text{ mca}$$

4.3. RESULTADOS DO MÉTODO DO EN 806-3 (2006)

A seguir, é demonstrado um exemplo para os aparelhos de um apartamento, enquanto o resultado completo do dimensionamento está apresentado na Tabela 14 e na Tabela 15.

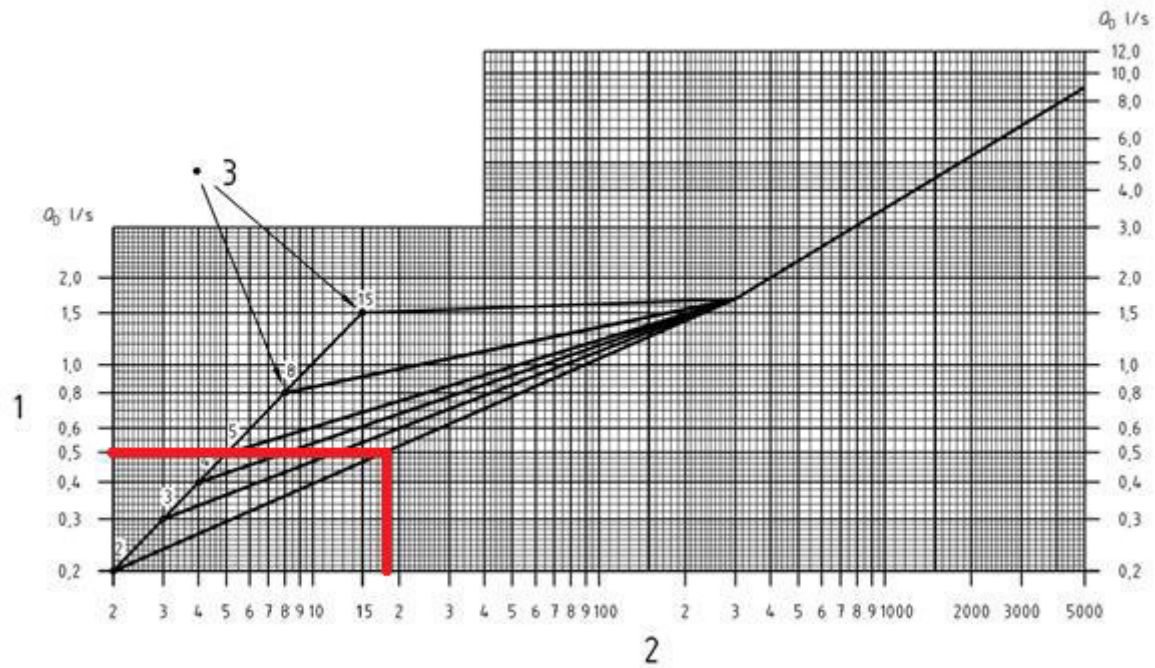
$$\Sigma LU = 2 * (2 + 1 + 2 + 1) + 2 + 2 + 2 = 18$$

Além disso, tem-se que os aparelhos com maior carga possuem 2 LU. Logo, conforme a Figura 7, a vazão de projeto é $Q_d = 0,5 \text{ L/s}$.

Por fim, o cálculo da perda de carga no hidrômetro foi calculado pela Equação (3):

$$\Delta h_{hid} = \left(\frac{36 * 0,50}{5} \right)^2 = 12,96 \text{ kPa} = 1,32 \text{ mca}$$

Figura 7 - Exemplo de determinação da vazão de projeto pelo método da EN 806-3.



Fonte: Adaptado de EN 806-3 (CEN, 2006).

Tabela 14 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método do EN 806-3.

TRECHO	Vazão total em unidades de carga (Q_t) (LU)	Maior valor unitário de carga (LU)	Vazão de projeto (Q_d) (l/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
AB	288	2	1,65	40	5,05	6,02
BC	270	2	1,60	40	4,92	6,07
CD	252	2	1,54	40	4,80	6,13
DE	234	2	1,50	40	4,72	6,19
EF	216	2	1,46	40	6,49	8,29
FG	198	2	1,41	32	6,19	8,25
GH	180	2	1,36	32	5,95	8,23
HI	162	2	1,31	32	5,75	8,21
IJ	144	2	1,25	32	7,05	10,03
JK	126	2	1,18	32	6,92	10,05
KL	108	2	1,10	32	6,85	10,10
LN	90	2	1,00	32	6,81	10,16
MN	72	2	0,90	32	8,61	12,23
NO	54	2	0,80	32	8,65	12,34
OP	36	2	0,68	25	8,49	12,34
PQ	18	2	0,50	25	8,47	12,42

Fonte: Autoria própria.

Tabela 15 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método do EN 806-3.

TRECHO	Vazão total em unidades de carga (Q_t) (LU)	Maior valor unitário de carga (LU)	Vazão de projeto (Q_d) (l/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
AB	18	2	0,50	25	-0,87	0,60
BC	6	2	0,32	20	-0,14	1,75
CD	2	2	0,20	20	-0,88	1,25
CE	4	2	0,27	20	-0,57	1,43
EF	2	2	0,20	20	-0,66	1,50
EG	2	2	0,20	20	-1,10	0,99
BH	12	2	0,42	25	-1,32	0,40
HI	6	2	0,32	20	-0,53	1,56
IJ	2	2	0,20	20	-2,51	-0,02
IK	4	2	0,27	20	-0,74	1,44
KL	2	2	0,20	20	-0,46	1,89
KM	2	2	0,20	20	-0,84	1,39
MN	1	1	0,10	20	-0,42	1,95
MO	1	1	0,10	20	-0,70	1,56
HP	6	2	0,32	20	-0,03	1,91
PQ	2	2	0,20	20	-2,00	0,33
PR	4	2	0,27	20	-0,24	1,79
RS	2	2	0,20	20	0,04	2,24
RT	2	2	0,20	20	-0,34	1,74
TU	1	1	0,10	20	0,08	2,30
TV	1	1	0,10	20	-0,20	1,91

Fonte: Autoria própria.

4.4. RESULTADOS DO MÉTODO DE GONÇALVES (1986)

A definição da população foi feita com base nas características do projeto arquitetônico. Considerando que cada apartamento possui dois quartos, assumiu-se uma ocupação de duas pessoas por quarto, resultando em uma população de quatro pessoas por apartamento. Destas, duas utilizariam predominantemente o banheiro da suíte, enquanto as quatro poderiam usar o banheiro social. Em relação à cozinha e à área de serviço, considerou-se uma ocupação de duas pessoas para cada ambiente.

Dessa maneira, aplicando a Equação (6), o intervalo de tempo entre descargas (T) para os aparelhos do banheiro social foi de 60 minutos, assim como para os aparelhos da área de serviço, enquanto o da cozinha foi de 15 minutos. O da suíte foi de 120 minutos, mas considerando que o período de pico também tem 120 minutos e que a tabela com maior intervalo T é de 60 minutos, optou-se pelo valor de 60 minutos para o banheiro da suíte também. Com isso, utilizou-se a Tabela 17 e Tabela 18 para encontrar o número de aparelhos considerados (m).

Assim, com base no número de aparelhos a jusante do trecho (n) e nas durações de cada uso (t), conforme apresentado na Tabela 8, foi possível determinar o número de aparelhos considerados para o banheiro e a área de serviço (Tabela 17), bem como para a cozinha (Tabela 18). Seguindo o mesmo exemplo dos itens anteriores, o resultado para um único apartamento foi de $m = 1$ para todos os aparelhos e $Q = 0,73$ L/s, como mostra a Tabela 16.

Além disso, a perda de carga no hidrômetro foi dada pela Equação (3). Os resultados completos com o dimensionamento pelo método citado estão apresentados na Tabela 19 e na Tabela 20.

$$\Delta h_{hid} = \left(\frac{36 * 0,73}{5} \right)^2 = 27,62 \text{ kPa} = 2,82 \text{ mca}$$

Tabela 16 - Cálculo de vazão do trecho AB dos ramais e sub-ramais pelo método de Gonçalves (1986).

Aparelho sanitário	n	t (s)	m	q (L/s)	Q (L/s)
LV	2	25	1	0,07	0,07
DH	2	25	1	0,07	0,07
BS	2	68	1	0,10	0,10
CH	2	480	1	0,09	0,09
PIA	1	30	1	0,12	0,12
MLR	1	720	1	0,13	0,13
TLR	1	30	1	0,15	0,15
Total					0,73

Fonte: Autoria própria.

Tabela 17 - Número aparelhos considerados (m) para intervalo entre usos (T) de 60 minutos.
(continua)

Número de aparelhos	Duração média da(s) descarga(s) em segundos											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
$n = 1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$n = 2$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$n = 3$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
$n = 4$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
$n = 5$	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
$n = 6$	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
$n = 7$	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3
$n = 8$	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
$n = 9$	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
$n = 10$	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3
$n = 11$	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	4
$n = 12$	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4
$n = 13$	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4
$n = 14$	1	1	1	1	1	1	2	3	2	4	4	4

(conclusão)

Número de aparelhos	Duração média da(s) descarga(s) em segundos											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
<i>n = 15</i>	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4	4
<i>n = 16</i>	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4	5
<i>n = 17</i>	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	5	5
<i>n = 18</i>	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4	5	5
<i>n = 19</i>	1	1	1	1	1	2	2	4	4	5	5	5
<i>n = 20</i>	1	1	1	1	1	2	2	4	4	5	5	5
<i>n = 25</i>	1	1	1	1	1	2	2	5	5	6	6	6
<i>n = 30</i>	1	1	1	1	2	2	2	5	6	6	7	7
<i>n = 35</i>	1	1	1	2	2	2	3	6	6	7	8	8
<i>n = 40</i>	1	1	1	2	2	3	3	6	7	8	9	9
<i>n = 45</i>	1	1	2	2	2	3	3	7	8	9	9	10
<i>n = 50</i>	1	1	2	2	2	3	3	8	8	9	10	11

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999)

Tabela 18 - Número aparelhos considerados (m) para intervalo entre usos (T) de 15 minutos.

Número de aparelhos	Duração média da(s) descarga(s) em segundos											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
<i>n = 1</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>n = 2</i>	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
<i>n = 3</i>	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3
<i>n = 4</i>	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4
<i>n = 5</i>	1	1	1	1	1	2	2	3	4	4	4	5
<i>n = 6</i>	1	1	1	1	1	2	2	4	4	5	5	5
<i>n = 7</i>	1	1	1	1	2	2	2	4	5	5	6	6
<i>n = 8</i>	1	1	1	1	2	2	2	5	5	6	6	7
<i>n = 9</i>	1	1	1	2	2	2	3	5	6	6	7	7
<i>n = 10</i>	1	1	1	2	2	2	3	6	6	7	8	8
<i>n = 11</i>	1	1	2	2	2	3	3	6	7	8	8	9
<i>n = 12</i>	1	1	2	2	2	3	3	7	7	8	9	9
<i>n = 13</i>	1	1	2	2	2	3	3	7	8	9	9	10
<i>n = 14</i>	1	1	2	2	2	3	4	8	8	9	10	11
<i>n = 15</i>	1	1	2	2	2	3	4	8	9	10	11	11
<i>n = 16</i>	1	1	2	2	3	3	4	8	9	10	11	12
<i>n = 17</i>	1	2	2	2	3	3	4	9	10	11	12	13
<i>n = 18</i>	1	2	2	2	3	4	4	9	10	11	12	13
<i>n = 19</i>	1	2	2	2	3	4	5	10	11	12	13	14
<i>n = 20</i>	1	2	2	3	3	4	5	10	11	13	14	15
<i>n = 25</i>	1	2	2	3	3	5	6	12	14	15	17	18
<i>n = 30</i>	1	2	3	3	4	5	6	14	16	18	19	20
<i>n = 35</i>	2	2	3	4	4	6	7	16	18	20	22	24
<i>n = 40</i>	2	3	3	4	5	6	8	18	21	23	25	27
<i>n = 45</i>	2	3	4	4	5	7	9	20	23	25	28	30
<i>n = 50</i>	2	3	4	5	6	8	9	22	25	28	31	34

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

Tabela 19 - Dimensionamento da coluna de distribuição pelo método de Gonçalves (1986).

TRECHO	m							Q (l/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR				
AB	8	2	1	2	2	5	1	2,17	40	5,05	6,02
BC	7	2	1	2	2	4	1	1,95	40	4,92	6,07
CD	7	2	1	2	2	4	1	1,95	40	4,80	6,13
DE	6	1	1	2	2	4	1	1,79	40	4,72	6,19
EF	6	1	1	2	2	4	1	1,79	40	6,49	8,29
FG	6	1	1	2	2	4	1	1,79	40	6,44	8,37
GH	5	1	1	2	1	3	1	1,45	40	6,42	8,46
HI	5	1	1	2	1	3	1	1,45	40	6,42	8,55
IJ	5	1	1	1	1	3	1	1,35	32	7,72	10,37
JK	4	1	1	1	1	3	1	1,26	32	7,59	10,39
KL	4	1	1	1	1	2	1	1,13	32	7,51	10,43
LN	3	1	1	1	1	2	1	1,04	32	7,48	10,50
MN	3	1	1	1	1	2	1	1,04	32	9,28	12,57
NO	2	1	1	1	1	2	1	0,95	32	9,32	12,68
OP	2	1	1	1	1	1	1	0,82	32	9,40	12,81
PQ	1	1	1	1	1	1	1	0,73	25	9,37	12,90

Fonte: Autoria própria.

Tabela 20 - Dimensionamento dos ramais e sub-ramais pelo método de Gonçalves (1986).

TRECHO	m							Q (l/s)	DN (mm)	Pressão residual (Vazão média) (mca)	Pressão residual (Vazão mínima) (mca)
	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR				
AB	1	1	1	1	1	1	1	0,73	25	-0,95	2,02
BC					1	1	1	0,40	20	-0,21	3,17
CD					1			0,12	20	-0,96	2,67
CE						1	1	0,28	20	-0,65	2,85
EF						1		0,13	20	-0,74	2,92
EG							1	0,15	20	-1,18	2,41
BH	1	1	1	1				0,33	20	-2,29	1,42
HI	1	1	1	1				0,33	20	-1,50	2,57
IJ	1							0,09	20	-3,48	0,99
IK		1	1	1				0,24	20	-1,71	2,45
KL		1						0,07	20	-1,43	2,91
KM			1	1				0,17	20	-1,81	2,40
MN				1				0,10	20	-1,39	2,96
MO			1					0,07	20	-1,67	2,57
HP	1	1	1	1				0,33	20	-1,00	2,92
PQ	1							0,09	20	-2,98	1,34
PR		1	1	1				0,24	20	-1,21	2,80
RS		1						0,07	20	-0,93	3,26
RT			1	1				0,17	20	-1,31	2,75
TU				1				0,10	20	-0,89	3,31
TV			1					0,07	20	-1,17	2,92

Fonte: Autoria própria.

4.5. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS

Ao analisar os resultados obtidos para cada método na coluna de distribuição, verificou-se que o mais conservador, ou seja, aquele que gerou as maiores vazões e diâmetros nominais, foi o método do IPC (2024). Em seguida, aparece o método da NBR 5626 (1998), com vazões e DN menores que aqueles resultantes do método do IPC (2024). O método proposto por Gonçalves (1986) apresentou valores próximos aos da NBR 5626 (1998), com vazões, em média, 28% menores. O método da EN 806-3 (2006), o mais econômico, apresentou as menores vazões e diâmetros nominais, com uma variação média de 16% para menos com relação ao método de Gonçalves (1986). O resumo desses resultados está apresentado na Tabela 21 e representado no Gráfico 1. A maior discrepância foi observada entre os métodos IPC e EN 806-3.

Além disso, observa-se que o método da NBR 5626 (1998) apresentou a maior variação de diâmetros na coluna de distribuição, variando de 50 mm a 25 mm, enquanto os demais métodos utilizaram três diâmetros nominais na coluna.

Tabela 21 - Vazões e diâmetros nominais dos trechos da coluna de distribuição.

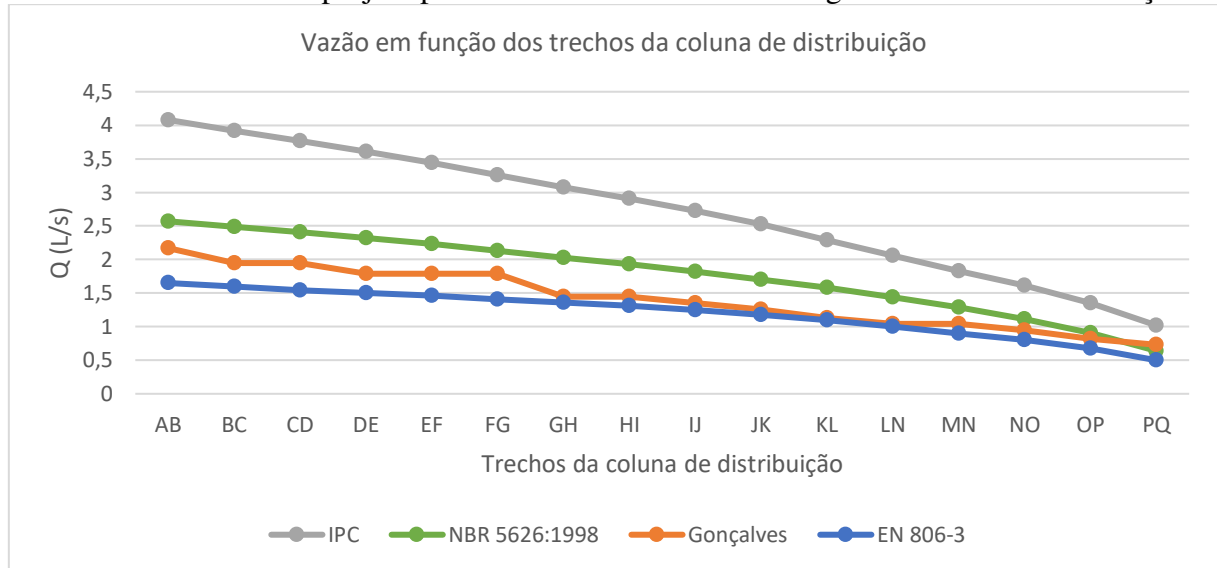
TRECHO	MÉTODOS							
	IPC (2024)		NBR 5626 (1998)		Gonçalves (1986)		EN 806 (2006)	
	Q (L/s)	DN	Q (L/s)	DN	Q (L/s)	DN	Q (L/s)	DN
AB	4,08	50	2,57	50	2,17	40	1,65	40
BC	3,92	50	2,49	40	1,95	40	1,60	40
CD	3,77	50	2,41	40	1,95	40	1,54	40
DE	3,61	50	2,32	40	1,79	40	1,50	40
EF	3,44	50	2,23	40	1,79	40	1,46	40
FG	3,26	50	2,13	40	1,79	40	1,41	32
GH	3,08	50	2,03	40	1,45	40	1,36	32
HI	2,91	50	1,93	40	1,45	40	1,31	32
IJ	2,73	50	1,82	40	1,35	32	1,25	32
JK	2,53	40	1,70	40	1,26	32	1,18	32
KL	2,29	40	1,58	40	1,13	32	1,10	32
LN	2,06	40	1,44	40	1,04	32	1,00	32
MN	1,83	40	1,29	32	1,04	32	0,90	32
NO	1,61	40	1,11	32	0,95	32	0,80	32
OP	1,35	32	0,91	32	0,82	32	0,68	25
PQ	1,02	32	0,64	25	0,73	25	0,50	25

Fonte: Autoria própria.

Com relação aos ramais e sub-ramais as diferenças se mantêm, porém não com a tendência demonstrada na coluna de distribuição, visto que as linhas se cruzam ou se superpõem em vários trechos, como ilustrado pelo Gráfico 2. Isso se deve aos valores unitários de vazão para cada tipo de aparelho serem diferentes em cada método. Ademais, os

diâmetros não apresentaram grande variação, com predominância do uso da tubulação DN 20, conforme evidenciado na Tabela 22.

Gráfico 1 - Vazões de projeto pelos diferentes métodos ao longo da coluna de distribuição.



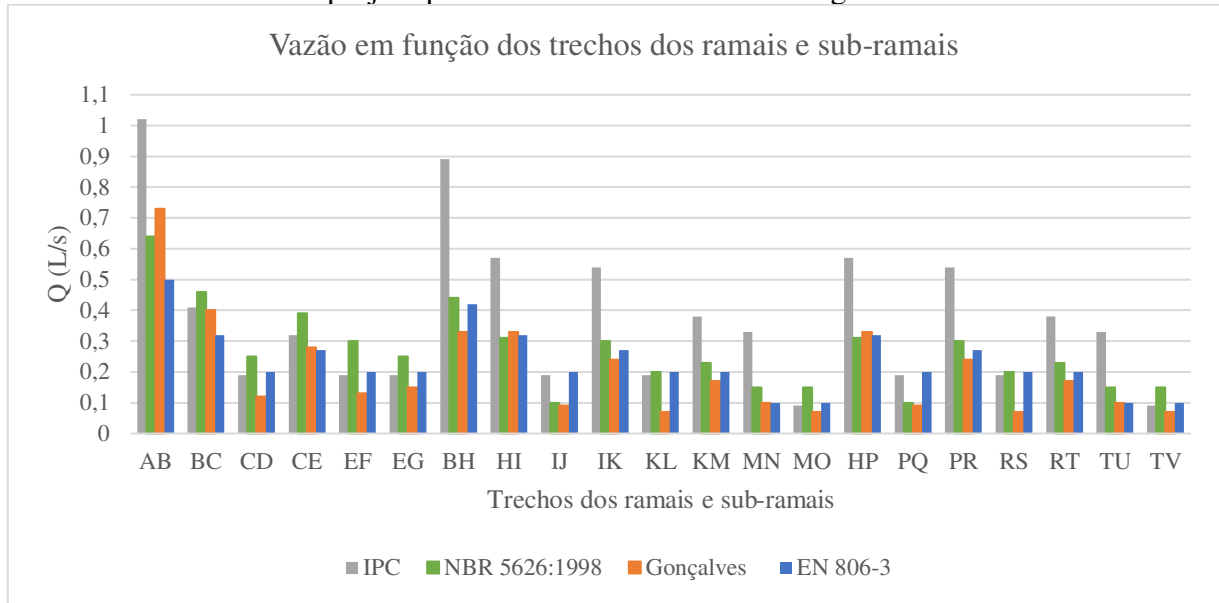
Fonte: Autoria própria.

Tabela 22 - Vazões e diâmetros nominais dos trechos dos ramais e sub-ramais.

TRECHO	MÉTODOS							
	IPC (2024)		NBR 5626 (1998)		Gonçalves (1986)		EN 806 (2006)	
	Q (L/s)	DN	Q (L/s)	DN	Q (L/s)	DN	Q (L/s)	DN
AB	1,02	32	0,64	25	0,73	25	0,50	25
BC	0,41	20	0,46	25	0,40	20	0,32	20
CD	0,19	20	0,25	20	0,12	20	0,20	20
CE	0,32	20	0,39	20	0,28	20	0,27	20
EF	0,19	20	0,3	20	0,13	20	0,20	20
EG	0,19	20	0,25	20	0,15	20	0,20	20
BH	0,89	32	0,44	25	0,33	20	0,42	25
HI	0,57	25	0,31	20	0,33	20	0,32	20
IJ	0,19	20	0,1	20	0,09	20	0,20	20
IK	0,54	25	0,3	20	0,24	20	0,27	20
KL	0,19	20	0,2	20	0,07	20	0,20	20
KM	0,38	20	0,23	20	0,17	20	0,20	20
MN	0,33	20	0,15	20	0,10	20	0,10	20
MO	0,09	20	0,15	20	0,07	20	0,10	20
HP	0,57	25	0,31	20	0,33	20	0,32	20
PQ	0,19	20	0,1	20	0,09	20	0,20	20
PR	0,54	25	0,3	20	0,24	20	0,27	20
RS	0,19	20	0,2	20	0,07	20	0,20	20
RT	0,38	20	0,23	20	0,17	20	0,20	20
TU	0,33	20	0,15	20	0,10	20	0,10	20
TV	0,09	20	0,15	20	0,07	20	0,10	20

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 2 - Vazões de projeto pelos diferentes métodos ao longo dos ramais e sub-ramais.



Fonte: Autoria própria.

Todos os métodos apresentaram trechos com tubulações de DN 20, 25, 32 e 40. Os métodos da NBR 5626 (1998) e do IPC (2024) apresentaram também tubulações com diâmetro de 50 mm. O comprimento das tubulações de cada diâmetro considerando toda a edificação (16 apartamentos e coluna de distribuição) foi calculado na Tabela 23. Nota-se que o método de Gonçalves se apresenta como o mais econômico, seguido dos métodos do EN 806-3 (2006) e NBR 5626 (1998) e por último o método do IPC (2024).

Tabela 23 - Comprimento de tubulação de cada diâmetro de toda a edificação.

DN	COMPRIMENTO (m)			
	NBR 5626 (1998)	IPC (2024)	EN 806-3 (2006)	Gonçalves (1986)
20	252,96	202,40	288,96	331,76
25	232,12	57,60	196,32	36,20
32	2,80	64,40	6,20	5,80
40	6,60	3,20	9,80	10,40
50	6,80	12,80	0	0

Fonte: Autoria própria.

Em relação às pressões disponíveis, verificou-se, no primeiro cálculo com as vazões médias, que na coluna as pressões foram se distanciando ao longo dos pavimentos, como mostra o Gráfico 3. Já nos ramais e sub-ramais, apenas o método do IPC (2024) resultou em pressões positivas em todos os trechos dos ramais, conforme o Gráfico 4, o que se deve ao

fato de suas tubulações possuírem diâmetros maiores em comparação aos demais. O método NBR 5626 (ABNT, 1998) e do EN 806-3 (2006) apresentaram valores bastante próximos de pressão residual, em geral, negativos. Por outro lado, o método de Gonçalves (1986) apresentou as pressões mais negativas, devido ao amplo uso de tubulação de DN 20, que eleva bastante a perda de carga.

Gráfico 3 - Pressão residual ao longo da coluna de distribuição considerando as vazões médias.

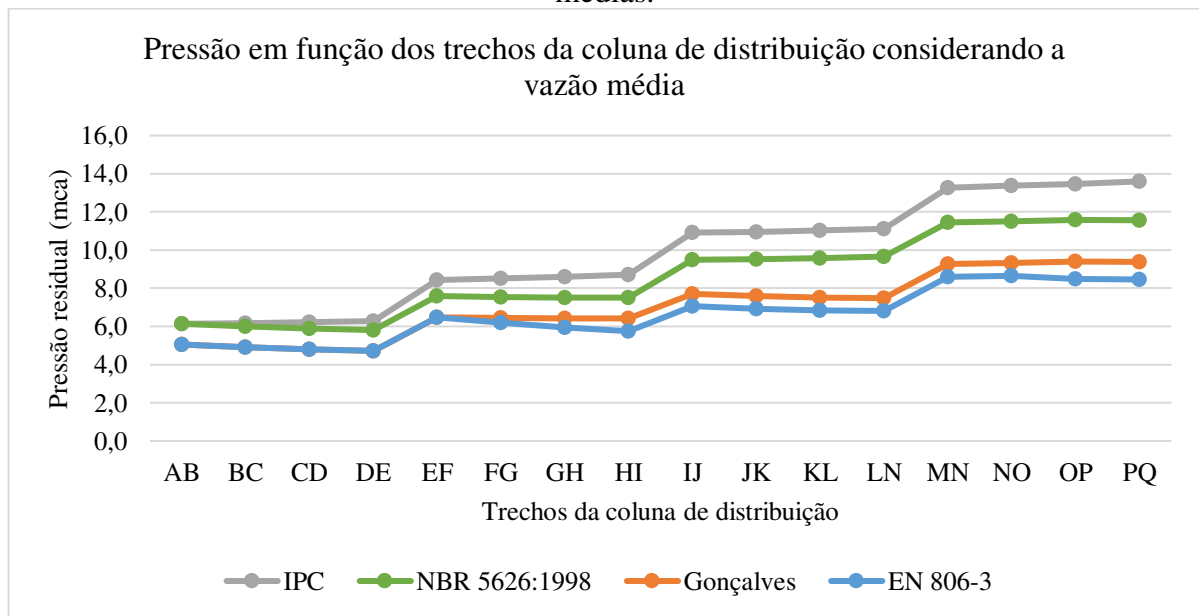
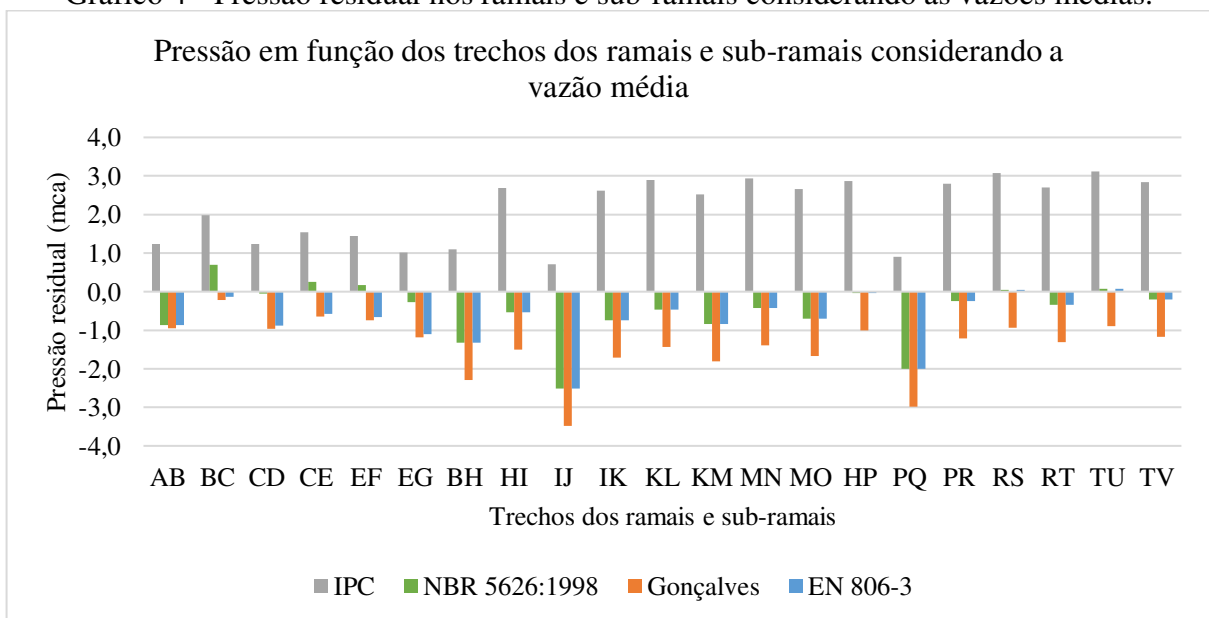
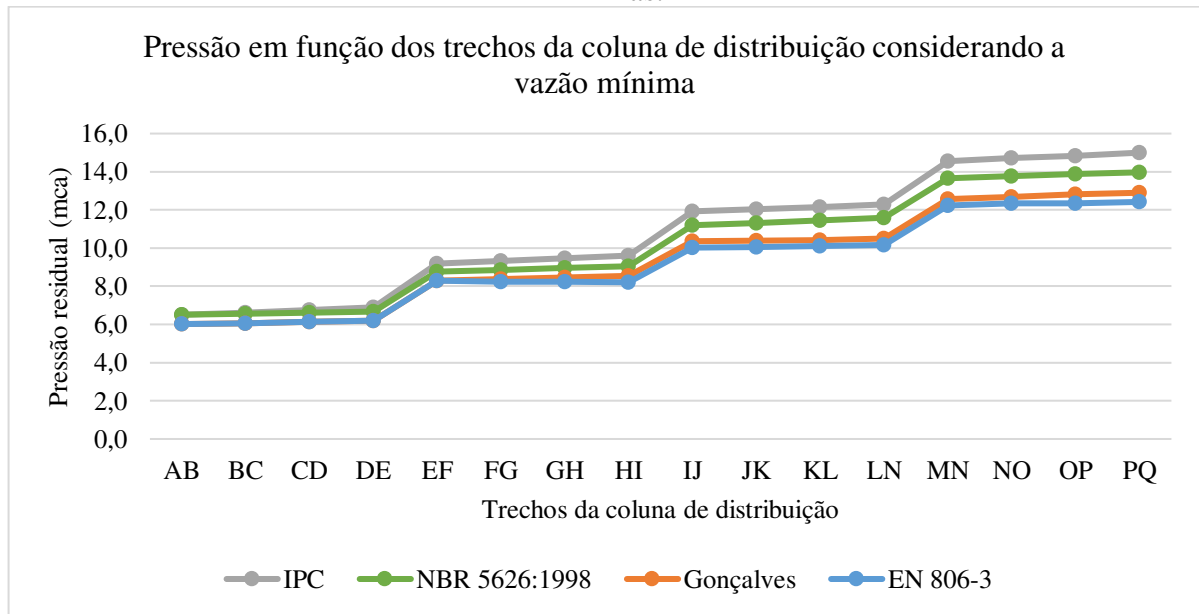


Gráfico 4 - Pressão residual nos ramais e sub-ramais considerando as vazões médias.



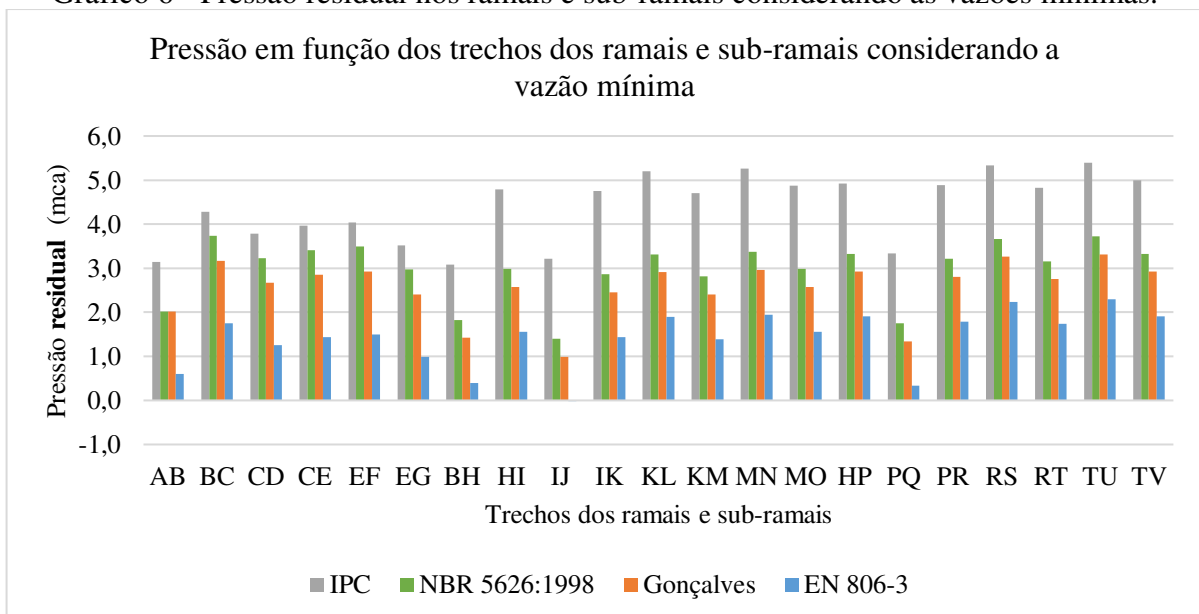
No segundo cálculo de pressões, considerando as vazões mínimas, observou-se que, na coluna de distribuição, as pressões ficaram maiores e mais próximas, conforme o Gráfico 5. Nos ramais e sub-ramais as pressões foram, em sua maioria, positivas, como mostra o Gráfico 6. A única exceção foi o método do EN 806-3 (2006), que apresentou pressões abaixo do valor requerido em alguns trechos.

Gráfico 5 - Pressão residual ao longo da coluna de distribuição considerando as vazões mínimas.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 6 - Pressão residual nos ramais e sub-ramais considerando as vazões mínimas.



Fonte: Autoria própria.

Esses resultados mostram que a escolha do método de cálculo de vazão de projeto tem um impacto significativo na indicação de necessidade de ajustes para atender às pressões de cálculo requeridas no sistema.

Para avaliar o impacto da vazão no cálculo das perdas de carga nos hidrômetros, foram calculadas as perdas de carga para os quatro métodos, considerando hidrômetros com capacidades de 3, 5 e 7 m³/h, conforme a Tabela 24. No caso do IPC, a vazão de projeto excede 3 m³/h mas foi calculado para efeito comparativo. Nesse âmbito, observou-se uma variação substancial em quase todas as situações. Apenas os métodos da NBR 5626 (1998) e de Gonçalves (1986) apresentaram perdas de carga próximas nos hidrômetros de 5 e 7 m³/h.

Tabela 24 - Perda de carga para hidrômetros de diferentes capacidades (Q_{máx}).

Tabela 24 - Perda de carga para hidrômetros de diferentes capacidades (Q _{máx}).				
HIDRÔMETRO	PERDA DE CARGA (mca)			
Q _{máx} (m³/h)	NBR 5626 (1998)	IPC (2024)	EN 806-3 (2006)	Gonçalves (1986)
3	6,08	15,35	3,67	7,83
5	2,19	5,52	1,32	2,82
7	1,12	2,82	0,67	1,44

Fonte: Autoria própria.

Os resultados indicam o quão sensível é a perda de carga nos hidrômetros com relação a vazão considerada, o que ressalta a relevância de um cálculo de vazão adequado na escolha dos hidrômetros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa bibliográfica permitiu constatar que os métodos escolhidos utilizam premissas semelhantes, porém fazem as próprias considerações para elaborar seus métodos. Nota-se que existe uma tendência crescente na literatura em direção ao uso de modelos computacionais mais sofisticados, que possibilitam uma otimização mais precisa por meio de parâmetros específicos. No entanto, as normas ainda favorecem métodos mais simplificados, com o objetivo de generalizar e tornar o processo de dimensionamento mais direto e objetivo, envolvendo ábacos e tabelas de conversão e atribuição de pesos.

No que se refere à aplicabilidade dos métodos testados no estudo de caso, embora todos sejam passíveis de utilização, alguns métodos apresentaram resultados mais razoáveis. O método do IPC (2024) apresentou um superdimensionamento, não condizente com o usual para uma edificação do porte da edificação estudada. Os métodos da NBR 5626 (1998), do EN 806-3 (2006) e de Gonçalves (1986) apresentaram valores mais usuais.

Ao considerar apenas a somatória dos pesos a jusante, o método da NBR 5626 (1998) é mais conservador que o da EN 806-3 (2006), que por sua vez acrescenta a consideração do aparelho de maior carga a jusante, resultando em um dimensionamento mais econômico. É importante ressaltar que não se sabe se esses resultados traduzem a realidade.

O método de Gonçalves (1986) se diferencia por incluir variáveis que consideram o comportamento dos usuários, o que pode impactar significativamente a vazão dependendo dos valores adotados. Nesse sentido, ele é mais adequado para aplicações em modelos computacionais que simulem diversos cenários com base em parâmetros de entrada bem definidos pelo projetista. Sem uma configuração adequada, pode-se obter resultados que não representem fielmente a realidade da edificação. Assim, devido à necessidade de dados específicos e ajustes por parte do projetista, o método de Gonçalves é menos prático em comparação aos demais. Já os métodos da NBR 5626 (1998), EN 806-3 (2006) e IPC (2024) são mais simples e diretos na sua aplicação.

5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para complementar a pesquisa, podem ser feitas algumas sugestões de estudos complementares:

- i. Medir a vazões e pressões reais em diversos pontos de um sistema de instalações prediais de água fria e comparar com os valores calculados através dos métodos estudados;

- ii. Monitorar a vazão, medir a perda de carga em hidrômetros individuais e comparar com os valores de cálculo;
- iii. Verificar o desempenho de instalações dimensionadas por diferentes métodos monitorando o funcionamento hidráulico dos aparelhos sanitários.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Suelen dos Santos; TEIXEIRA, Luciana P. Análise comparativa da atualização da norma brasileira NBR 5626:2020 em relação as normas NBR 5626: 1998 e NBR 7198: 1993. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 56-65, 2021. Disponível em: <https://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/1685>. Acesso em: 28 ago. 2024.
- AMORIM, Marina Melo Luiz; CAMPOS, Marcus André Siqueira. Determinação da vazão de projeto para a escolha dos hidrômetros de edificações residenciais com medição individualizada. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, p. 403-420, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/qMTvjQC3jJYc8SKmDdCRmBc/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 25 jun. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1998.
- ATHAYDE JÚNIOR, Gilson Barbosa. **Instalações prediais hidro-sanitárias e de gás: apostila**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- BRASIL. Lei nº 13.312, de 12 de julho de 2016. Altera a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para dispor sobre a obrigatoriedade de medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 13 jul. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13312.htm. Acesso em: 23 set. 2024.
- CEN - COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **EN 806-3:2006**. Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 3: Pipe sizing – Simplified method. CEN, Bruxelas, 2006. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/229839167/Bs-en-806-3-2006-Water-for-Human-Consumption>. Acesso em: 12 jun. 2024.
- CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- FERREIRA, Armando Traini; VIVIANI, Pedro Thomaz Gonzales; SANTOS, Tatiane Sakamoto; REIS, Ricardo Prado Abreu. Dimensionamento de rede de distribuição de água fria: estudo comparativo utilizando a determinação de vazões por meio do método da raiz

quadrada e método probabilístico binomial. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 18, n. 2, p. 156–172, 2022. DOI: 10.5216/reec.v18i2.64677. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/64677>. Acesso em: 21 set. 2024.

GONÇALVES, Orestes. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria**. 1986. 113 fl. Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000718611>. Acesso em: 26 jun. 2024.

GRAÇA, Moacyr Eduardo Alves da e GONÇALVES, Orestes Marraccini. **Sistemas prediais de distribuição de água fria: determinação das vazões de projeto**. São Paulo: Epusp. 1987. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000766407>. Acesso em: 26 jun. 2024.

INTERNATIONAL CODE COUNCIL. **International Plumbing Code**. Washington, D.C.: ICC, 2021. Disponível em: <https://codes.iccsafe.org/content/IPC2024P1>. Acesso em 14 jun. 2024.

HONORATO, Kelly Miranda; CAMPOS, Marcus André Siqueira. Análise das vazões de projeto de água fria em uma residência unifamiliar: Comparação entre métodos empíricos e probabilísticos. **Paranoá, [S. l.]**, v. 13, n. 27, p. 59–78, 2019. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n27.2020.04. Disponível em:

<https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/20602>. Acesso em: 21 set. 2024.

ILHA, Marina SO; OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, Orestes M. Design flow rate simulation of cold water supply in residential buildings by means of open probabilistic model. In: **CIB W62 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, Hong Kong**. 2008. Disponível em: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB11793.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2024.

KONRAD, Cristine Braatz. **Impacto da metodologia utilizada na determinação de vazão em projetos de instalações prediais de água fria em prédios residenciais**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/189144>. Acesso em: 13 jun. 2024.

MADEIRA, Carla. **Tudo é rio**. 23. ed. São Paulo: Record, 2024.

MORAIS, Lucas Salomão Rael de; FIORAMONTE, Bruna; LEITE, Rafael Krüegel; PAULA, Heber Martins de; REIS, Ricardo Prado Abreu. Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água: um estudo bibliográfico. **Paranoá, [S. l.]**, v. 16, n. 34, p. 1–

24, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/47398>. Acesso em: 21 jun. 2024.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Modelo para a simulação de vazões de projeto em sistemas prediais de água com medição individualizada empregando a lógica nebulosa e o método de Monte Carlo**. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-30102018-090441/>. Acesso em: 08 set. 2024.

TIGRE S.A. - Tubos e Conexões. **Manual técnico Tigre: orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais**. 5. ed. Joinville: Tigre, 2013. Disponível em: https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/2019-08/Tigre_Manual+Tecnico.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.

DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DA NBR 5626 (ABNT, 1998) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																	
TRECHO	Σp	Q	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(acumulados)	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	73,6	2,57	2,62	50	44,0	1,69	0,07	6,80	2,20	9,00	0,66	0	17	10,2	6,8	6,14	0,5
BC	69	2,49	2,49	40	35,2	2,56	0,19	0,20	1,50	1,70	0,33	6,14	10,2	10	0,2	6,01	0,5
CD	64,4	2,41	2,42	40	35,2	2,47	0,18	0,20	1,50	1,70	0,31	6,01	10	9,8	0,2	5,90	0,5
DE	59,8	2,32	2,31	40	35,2	2,38	0,17	0,20	1,50	1,70	0,29	5,90	9,8	9,6	0,2	5,81	0,5
EF	55,2	2,23	2,23	40	35,2	2,29	0,16	2,40	1,50	3,90	0,62	5,81	9,6	7,2	2,4	7,59	0,5
FG	50,6	2,13	2,15	40	35,2	2,19	0,15	0,20	1,50	1,70	0,25	7,59	7,2	7	0,2	7,54	0,5
GH	46	2,03	1,98	40	35,2	2,09	0,13	0,20	1,50	1,70	0,22	7,54	7	6,8	0,2	7,52	0,5
HI	41,4	1,93	1,90	40	35,2	1,98	0,12	0,20	1,50	1,70	0,20	7,52	6,8	6,6	0,2	7,51	0,5
IJ	36,8	1,82	1,79	40	35,2	1,87	0,11	2,40	1,50	3,90	0,42	7,51	6,6	4,2	2,4	9,49	0,5
JK	32,2	1,70	1,67	40	35,2	1,75	0,10	0,20	1,50	1,70	0,16	9,49	4,2	4	0,2	9,52	0,5
KL	27,6	1,58	1,53	40	35,2	1,62	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	9,52	4	3,8	0,2	9,58	0,5
LN	23	1,44	1,39	40	35,2	1,48	0,07	0,20	1,50	1,70	0,12	9,58	3,8	3,6	0,2	9,67	0,5
MN	18,4	1,29	1,27	32	27,8	2,12	0,18	2,40	0,90	3,30	0,60	9,67	3,6	1,2	2,4	11,46	0,5
NO	13,8	1,11	1,12	32	27,8	1,84	0,15	0,20	0,90	1,10	0,16	11,46	1,2	1	0,2	11,50	0,5
OP	9,2	0,91	0,94	32	27,8	1,50	0,11	0,20	0,90	1,10	0,12	11,50	1	0,8	0,2	11,58	0,5
PQ	4,6	0,64	0,72	25	21,6	1,76	0,22	0,20	0,80	1,00	0,22	11,58	0,8	0,6	0,2	11,56	0,5
RAMAIS E SUB-RAMAIS																	
TRECHO	Σp	Q	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(acumulados)	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	4,6	0,64	0,72	25	21,6	1,76	0,22	9,57	4,40	13,97	5,87	6,8	10	11,8	-1,8	-0,87	0,5
BC	2,4	0,46	0,40	25	21,6	1,27	0,08	2,25	3,10	5,35	0,43	-0,87	11,8	9,8	2	0,70	0,5
CD	-	0,25	0,19	20	17,0	1,10	0,07	2,70	3,80	6,50	0,44	0,70	9,8	10,1	-0,3	-0,05	1,0
CE	1,7	0,39	0,32	20	17,0	1,72	0,17	0,25	2,30	2,55	0,43	0,70	9,8	9,8	0	0,26	0,5
EF	-	0,30	0,21	20	17,0	1,32	0,08	0,20	3,40	3,60	0,29	0,26	9,8	9,6	0,2	0,17	1,0
EG	-	0,25	0,20	20	17,0	1,10	0,07	0,95	2,20	3,15	0,23	0,26	9,6	9,9	-0,3	-0,27	1,0
BH	2,2	0,44	0,52	25	21,6	1,21	0,13	2,68	0,80	3,48	0,44	-0,87	11,8	11,8	0	-1,32	0,5
HI	1,1	0,31	0,38	20	17,0	1,39	0,23	2,20	3,10	5,30	1,21	-1,32	11,8	9,8	2	-0,53	0,5
IJ	-	0,10	0,15	20	17,0	0,44	0,04	1,30	13,80	15,10	0,68	-0,53	9,8	11,1	-1,3	-2,51	1,0
IK	1	0,30	0,34	20	17,0	1,32	0,19	0,45	0,70	1,15	0,22	-0,53	11,1	11,1	0	-0,74	0,5
KL	-	0,20	0,17	20	17,0	0,88	0,06	0,50	3,40	3,90	0,22	-0,74	11,1	10,6	0,5	-0,46	1,0
KM	0,6	0,23	0,25	20	17,0	1,02	0,11	0,20	0,70	0,90	0,10	-0,74	10,6	10,6	0	-0,84	0,5
MN	-	0,15	0,17	20	17,0	0,66	0,06	0,65	3,40	4,05	0,23	-0,84	10,6	9,95	0,65	-0,42	1,0
MO	-	0,15	0,10	20	17,0	0,66	0,02	0,50	2,20	2,70	0,06	-0,84	9,95	9,75	0,2	-0,70	1,0
HP	1,1	0,31	0,38	20	17,0	1,39	0,23	2,31	0,80	3,11	0,71	-1,32	9,75	7,75	2	-0,03	0,5
PQ	-	0,10	0,15	20	17,0	0,44	0,04	1,30	13,80	15,10	0,68	-0,03	7,75	9,05	-1,3	-2,00	1,0
PR	1	0,30	0,34	20	17,0	1,32	0,19	0,45	0,70	1,15	0,22	-0,03	9,05	9,05	0	-0,24	0,5
RS	-	0,20	0,17	20	17,0	0,88	0,06	0,50	3,40	3,90	0,22	-0,24	9,05	8,55	0,5	0,04	1,0
RT	0,6	0,23	0,25	20	17,0	1,02	0,11	0,20	0,70	0,90	0,10	-0,24	8,55	8,55	0	-0,34	0,5
TU	-	0,15	0,17	20	17,0	0,66	0,06	0,65	3,40	4,05	0,23	-0,34	8,55	7,9	0,65	0,08	1,0
TV	-	0,15	0,10	20	17,0	0,66	0,02	0,50	2,20	2,70	0,06	-0,34	7,9	7,7	0,2	-0,20	1,0

APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO COMPLETO PELO MÉTODO DO IPC (2024) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																		
TRECHO	Somatório das unidades de carga	Q	Q	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(WSFU)	(gpm)	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	198,4	64,68	4,08	2,62	50	44,0	2,68	0,07	6,80	2,20	9,00	0,66	0	17	10,2	6,8	6,14	0,5
BC	186,00	62,20	3,92	2,49	50	44,0	2,58	0,07	0,20	2,20	2,40	0,16	6,14	10,2	10	0,2	6,18	0,5
CD	173,60	59,72	3,77	2,42	50	44,0	2,48	0,06	0,20	2,20	2,40	0,15	6,18	10	9,8	0,2	6,23	0,5
DE	161,20	57,24	3,61	2,31	50	44,0	2,37	0,06	0,20	2,20	2,40	0,14	6,23	9,8	9,6	0,2	6,29	0,5
EF	148,80	54,48	3,44	2,23	50	44,0	2,26	0,06	2,40	2,20	4,60	0,25	6,29	9,6	7,2	2,4	8,43	0,5
FG	136,40	51,69	3,26	2,15	50	44,0	2,14	0,05	0,20	2,20	2,40	0,12	8,43	7,2	7	0,2	8,51	0,5
GH	124,00	48,90	3,08	1,98	50	44,0	2,03	0,04	0,20	2,20	2,40	0,11	8,51	7	6,8	0,2	8,60	0,5
HI	111,60	46,11	2,91	1,90	50	44,0	1,91	0,04	0,20	2,20	2,40	0,10	8,60	6,8	6,6	0,2	8,70	0,5
IJ	99,20	43,30	2,73	1,79	50	44,0	1,80	0,04	2,40	2,20	4,60	0,17	8,70	6,6	4,2	2,4	10,93	0,5
JK	86,80	40,04	2,53	1,67	40	35,2	2,60	0,10	0,20	1,50	1,70	0,16	10,93	4,2	4	0,2	10,96	0,5
KL	74,40	36,32	2,29	1,53	40	35,2	2,35	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	10,96	4	3,8	0,2	11,02	0,5
LN	62,00	32,60	2,06	1,39	40	35,2	2,11	0,07	0,20	1,50	1,70	0,12	11,02	3,8	3,6	0,2	11,11	0,5
MN	49,60	28,99	1,83	1,27	40	35,2	1,88	0,06	2,40	1,50	3,90	0,23	11,11	3,6	1,2	2,4	13,27	0,5
NO	37,20	25,52	1,61	1,12	40	35,2	1,65	0,05	0,20	1,50	1,70	0,08	13,27	1,2	1	0,2	13,39	0,5
OP	24,80	21,42	1,35	0,94	32	27,8	2,23	0,11	0,20	0,90	1,10	0,12	13,39	1	0,8	0,2	13,47	0,5
PQ	12,40	16,20	1,02	0,72	32	27,8	1,68	0,07	0,20	0,90	1,10	0,07	13,47	0,8	0,6	0,2	13,60	0,5
RAMAIS E SUB-RAMAIS																		
TRECHO	WSFU	Q	Q	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(acumulados)	(gpm)	(L/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	12,40	16,20	1,02	0,72	32	27,8	1,68	0,07	9,57	5,50	15,07	3,76	6,8	10	11,8	-1,8	1,24	0,5
BC	3	6,50	0,41	0,40	20	17,0	1,81	0,25	2,25	2,80	5,05	1,26	1,24	11,8	9,8	2	1,98	0,5
CD	1	3,00	0,19	0,19	20	17,0	0,83	0,07	2,70	3,80	6,50	0,44	1,98	9,8	10,1	-0,3	1,23	1,0
CE	2	5,00	0,32	0,32	20	17,0	1,39	0,17	0,25	2,30	2,55	0,43	1,98	9,8	9,8	0	1,54	0,5
EF	1	3,00	0,19	0,21	20	17,0	0,83	0,08	0,20	3,40	3,60	0,29	1,54	9,8	9,6	0,2	1,45	1,0
EG	1	3,00	0,19	0,20	20	17,0	0,83	0,07	0,95	2,20	3,15	0,23	1,54	9,6	9,9	-0,3	1,01	1,0
BH	9,40	14,06	0,89	0,52	32	27,8	1,46	0,04	2,68	0,90	3,58	0,14	1,24	11,8	11,8	0	1,10	0,5
HI	4,7	8,98	0,57	0,38	25	21,6	1,55	0,07	2,20	3,40	5,60	0,41	1,10	11,8	9,8	2	2,69	0,5
IJ	1	3,00	0,19	0,15	20	17,0	0,83	0,04	1,30	13,80	15,10	0,68	2,69	9,8	11,1	-1,3	0,71	1,0
IK	3,7	8,50	0,54	0,34	25	21,6	1,46	0,06	0,45	0,80	1,25	0,08	2,69	11,1	11,1	0	2,62	0,5
KL	1	3,00	0,19	0,17	20	17,0	0,83	0,06	0,50	3,40	3,90	0,22	2,62	11,1	10,6	0,5	2,90	1,0
KM	2,7	6,05	0,38	0,25	20	17,0	1,68	0,11	0,20	0,70	0,90	0,10	2,62	10,6	10,6	0	2,52	0,5
MN	2,2	5,30	0,33	0,17	20	17,0	1,47	0,06	0,65	3,40	4,05	0,23	2,52	10,6	9,95	0,65	2,94	1,0
MO	0,5	1,50	0,09	0,10	20	17,0	0,42	0,02	0,50	2,20	2,70	0,06	2,52	9,95	9,75	0,2	2,66	1,0
HP	4,7	8,98	0,57	0,38	25	21,6	1,55	0,07	2,31	0,80	3,11	0,23	1,10	9,75	7,75	2	2,87	0,5
PQ	1	3,00	0,19	0,15	20	17,0	0,83	0,04	1,30	13,80	15,10	0,68	2,87	7,75	9,05	-1,3	0,90	1,0
PR	3,7	8,50	0,54	0,34	25	21,6	1,46	0,06	0,45	0,80	1,25	0,08	2,87	9,05	9,05	0	2,80	0,5
RS	1	3,00	0,19	0,17	20	17,0	0,83	0,06	0,50	3,40	3,90	0,22	2,80	9,05	8,55	0,5	3,08	1,0
RT	2,7	6,05	0,38	0,25	20	17,0	1,68	0,11	0,20	0,70	0,90	0,10	2,80	8,55	8,55	0	2,70	0,5
TU	2,2	5,30	0,33	0,17	20	17,0	1,47	0,06	0,65	3,40	4,05	0,23	2,70	8,55	7,9	0,65	3,12	1,0
TV	0,5	1,50	0,09	0,10	20	17,0	0,42	0,02	0,50	2,20	2,70	0,06	2,70	7,9	7,7	0,2	2,84	1,0

APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO EN 806-3 (2006) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																		
TRECHO	Vazão total em unidades de carga (Qt)	Maior valor unitário de carga	Vazão de projeto (Qd)	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(LU)																	
AB	288	2,00	1,65	2,62	40	35,2	1,70	0,21	6,80	1,50	8,30	1,75	0	17	10,2	6,8	5,05	0,5
BC	270,00	2,00	1,60	2,49	40	35,2	1,64	0,19	0,20	1,50	1,70	0,33	5,05	10,2	10	0,2	4,92	0,5
CD	252,00	2,00	1,54	2,42	40	35,2	1,58	0,18	0,20	1,50	1,70	0,31	4,92	10	9,8	0,2	4,80	0,5
DE	234,00	2,00	1,50	2,31	40	35,2	1,54	0,17	0,20	1,50	1,70	0,29	4,80	9,8	9,6	0,2	4,72	0,5
EF	216,00	2,00	1,46	2,23	40	35,2	1,50	0,16	2,40	1,50	3,90	0,62	4,72	9,6	7,2	2,4	6,49	0,5
FG	198,00	2,00	1,41	2,15	32	27,8	2,32	0,46	0,20	0,90	1,10	0,50	6,49	7,2	7	0,2	6,19	0,5
GH	180,00	2,00	1,36	1,98	32	27,8	2,24	0,40	0,20	0,90	1,10	0,44	6,19	7	6,8	0,2	5,95	0,5
HI	162,00	2,00	1,31	1,90	32	27,8	2,16	0,37	0,20	0,90	1,10	0,41	5,95	6,8	6,6	0,2	5,75	0,5
IJ	144,00	2,00	1,25	1,79	32	27,8	2,06	0,33	2,40	0,90	3,30	1,10	5,75	6,6	4,2	2,4	7,05	0,5
JK	126,00	2,00	1,18	1,67	32	27,8	1,94	0,29	0,20	0,90	1,10	0,32	7,05	4,2	4	0,2	6,92	0,5
KL	108,00	2,00	1,10	1,53	32	27,8	1,81	0,25	0,20	0,90	1,10	0,28	6,92	4	3,8	0,2	6,85	0,5
LN	90,00	2,00	1,00	1,39	32	27,8	1,65	0,21	0,20	0,90	1,10	0,24	6,85	3,8	3,6	0,2	6,81	0,5
MN	72,00	2,00	0,90	1,27	32	27,8	1,48	0,18	2,40	0,90	3,30	0,60	6,81	3,6	1,2	2,4	8,61	0,5
NO	54,00	2,00	0,80	1,12	32	27,8	1,32	0,15	0,20	0,90	1,10	0,16	8,61	1,2	1	0,2	8,65	0,5
OP	36,00	2,00	0,68	0,94	25	21,6	1,86	0,36	0,20	0,80	1,00	0,36	8,65	1	0,8	0,2	8,49	0,5
PQ	18,00	2,00	0,50	0,72	25	21,6	1,36	0,22	0,20	0,80	1,00	0,22	8,49	0,8	0,6	0,2	8,47	0,5
RAMAIS E SUB-RAMAIS																		
TRECHO	Vazão total em unidades de carga (Qt)	Maior valor unitário de carga	Vazão de projeto (Qd)	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(LU)																	
AB	18,00	2,00	0,50	0,72	25	21,6	1,36	0,22	9,57	4,40	13,97	5,87	6,8	10	11,8	-1,8	-0,87	0,5
BC	6	2,00	0,32	0,40	20	17,0	1,41	0,25	2,25	2,80	5,05	1,26	-0,87	11,8	9,8	2	-0,14	0,5
CD	2	2,00	0,20	0,19	20	17,0	0,88	0,07	2,70	3,80	6,50	0,44	-0,14	9,8	10,1	-0,3	-0,88	1,0
CE	4	2,00	0,27	0,32	20	17,0	1,19	0,17	0,25	2,30	2,55	0,43	-0,14	9,8	9,8	0	-0,57	0,5
EF	2	2,00	0,20	0,21	20	17,0	0,88	0,08	0,20	3,40	3,60	0,29	-0,57	9,8	9,6	0,2	-0,66	1,0
EG	2	2,00	0,20	0,20	20	17,0	0,88	0,07	0,95	2,20	3,15	0,23	-0,57	9,6	9,9	-0,3	-1,10	1,0
BH	12	2,00	0,42	0,52	25	21,6	1,15	0,13	2,68	0,80	3,48	0,44	-0,87	11,8	11,8	0	-1,32	0,5
HI	6	2,00	0,32	0,38	20	17,0	1,41	0,23	2,20	3,10	5,30	1,21	-1,32	11,8	9,8	2	-0,53	0,5
IJ	2	2,00	0,20	0,15	20	17,0	0,88	0,04	1,30	13,80	15,10	0,68	-0,53	9,8	11,1	-1,3	-2,51	1,0
IK	4	2,00	0,27	0,34	20	17,0	1,19	0,19	0,45	0,70	1,15	0,22	-0,53	11,1	11,1	0	-0,74	0,5
KL	2	2,00	0,20	0,17	20	17,0	0,88	0,06	0,50	3,40	3,90	0,22	-0,74	11,1	10,6	0,5	-0,46	1,0
KM	2	2,00	0,20	0,25	20	17,0	0,88	0,11	0,20	0,70	0,90	0,10	-0,74	10,6	10,6	0	-0,84	0,5
MN	1	1,00	0,10	0,17	20	17,0	0,44	0,06	0,65	3,40	4,05	0,23	-0,84	10,6	9,95	0,65	-0,42	1,0
MO	1	1,00	0,10	0,10	20	17,0	0,44	0,02	0,50	2,20	2,70	0,06	-0,84	9,95	9,75	0,2	-0,70	1,0
HP	6	2,00	0,32	0,38	20	17,0	1,41	0,23	2,31	0,80	3,11	0,71	-1,32	9,75	7,75	2	-0,03	0,5
PQ	2	2,00	0,20	0,15	20	17,0	0,88	0,04	1,30	13,80	15,10	0,68	-0,03	7,75	9,05	-1,3	-2,00	1,0
PR	4	2,00	0,27	0,34	20	17,0	1,19	0,19	0,45	0,70	1,15	0,22	-0,03	9,05	9,05	0	-0,24	0,5
RS	2	2,00	0,20	0,17	20	17,0	0,88	0,06	0,50	3,40	3,90	0,22	-0,24	9,05	8,55	0,5	0,04	1,0
RT	2	2,00	0,20	0,25	20	17,0	0,88	0,11	0,20	0,70	0,90	0,10	-0,24	8,55	8,55	0	-0,34	0,5
TU	1	1,00	0,10	0,17	20	17,0	0,44	0,06	0,65	3,40	4,05	0,23	-0,34	8,55	7,9	0,65	0,08	1,0
TV	1	1,00	0,10	0,10	20	17,0	0,44	0,02	0,50	2,20	2,70	0,06	-0,34	7,9	7,7	0,2	-0,20	1,0

APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE GONÇALVES (1986) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÉDIAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																																												
TRECHO	Número de aparelhos (n)							Intervalo entre os usos (T, min)							m							q							Q	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	32	32	32	32	16	16	16	60	60	60	60	15	60	60	8	2	1	2	2	5	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	2,17	2,62	40	35,2	2,23	0,21	6,80	1,50	8,30	1,75	0	17	10,2	6,8	5,05	0,5
BC	30	30	30	30	15	15	15	60	60	60	60	15	60	60	7	2	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,95	2,49	40	35,2	2,00	0,19	0,20	1,50	1,70	0,33	5,05	10,2	10	0,2	4,92	0,5
CD	28	28	28	28	14	14	14	60	60	60	60	15	60	60	7	2	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,95	2,42	40	35,2	2,00	0,18	0,20	1,50	1,70	0,31	4,92	10	9,8	0,2	4,80	0,5
DE	26	26	26	26	13	13	13	60	60	60	60	15	60	60	6	1	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,79	2,31	40	35,2	1,84	0,17	0,20	1,50	1,70	0,29	4,80	9,8	9,6	0,2	4,72	0,5
EF	24	24	24	24	12	12	12	60	60	60	60	15	60	60	6	1	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,79	2,23	40	35,2	1,84	0,16	2,40	1,50	3,90	0,62	4,72	9,6	7,2	2,4	6,49	0,5
FG	22	22	22	22	11	11	11	60	60	60	60	15	60	60	6	1	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,79	2,15	40	35,2	1,84	0,15	0,20	1,50	1,70	0,25	6,49	7,2	7	0,2	6,44	0,5
GH	20	20	20	20	10	10	10	60	60	60	60	15	60	60	5	1	1	2	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,45	1,98	40	35,2	1,49	0,13	0,20	1,50	1,70	0,22	6,44	7	6,8	0,2	6,42	0,5
HI	18	18	18	18	9	9	9	60	60	60	60	15	60	60	5	1	1	2	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,45	1,90	40	35,2	1,49	0,12	0,20	1,50	1,70	0,20	6,42	6,8	6,6	0,2	6,42	0,5
IJ	16	16	16	16	8	8	8	60	60	60	60	15	60	60	5	1	1	1	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,35	1,79	32	27,8	2,22	0,33	2,40	0,90	3,30	1,10	6,42	6,6	4,2	2,4	7,72	0,5
JK	14	14	14	14	7	7	7	60	60	60	60	15	60	60	4	1	1	1	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,26	1,67	32	27,8	2,08	0,29	0,20	0,90	1,10	0,32	7,72	4,2	4	0,2	7,59	0,5
KL	12	12	12	12	6	6	6	60	60	60	60	15	60	60	4	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,13	1,53	32	27,8	1,86	0,25	0,20	0,90	1,10	0,28	7,59	4	3,8	0,2	7,51	0,5
LN	10	10	10	10	5	5	5	60	60	60	60	15	60	60	3	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,04	1,39	32	27,8	1,71	0,21	0,20	0,90	1,10	0,24	7,51	3,8	3,6	0,2	7,48	0,5
MN	8	8	8	8	4	4	4	60	60	60	60	15	60	60	3	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,04	1,27	32	27,8	1,71	0,18	2,40	0,90	3,30	0,60	7,48	3,6	1,2	2,4	9,28	0,5
NO	6	6	6	6	3	3	3	60	60	60	60	15	60	60	2	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,95	1,12	32	27,8	1,57	0,15	0,20	0,90	1,10	0,16	9,28	1,2	1	0,2	9,32	0,5
OP	4	4	4	4	2	2	2	60	60	60	60	15	60	60	2	1	1	1	1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,82	0,94	32	27,8	1,35	0,11	0,20	0,90	1,10	0,12	9,32	1	0,8	0,2	9,40	0,5
PQ	2	2	2	2	1	1	1	60	60	60	60	15	60	60	1	1	1	1	1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,73	0,72	25	21,6	1,99	0,22	0,20	0,80	1,00	0,22	9,40	0,8	0,6	0,2	9,37	0,5
RAMAIS E SUB-RAMAIS																																												
TRECHO	Número de aparelhos (n)							Intervalo entre os usos (T)							m							q							Q	Qmédia	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	2	2	2	2	1	1	1	60	60	60	60	15	60	60	1	1	1	1	1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,73	0,72	25	21,6	1,99	0,22	9,57	4,40	13,97	5,95	6,8	10	11,8	-1,8	-0,95	0,5
BC					1	1	1					15	60	60					1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,40	0,40	20	17,0	1,76	0,25	2,25	2,80	5,05	1,26	-0,95	11,8	9,8	2	-0,21	0,5
CD					1							15							1			0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,12	0,19	20	17,0	0,53	0,07	2,70	3,80	6,50	0,44	-0,21	9,8	10,1	-0,3	-0,96	1,0
CE						1	1						60	60						1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,28	0,32	20	17,0	1,23	0,17	0,25	2,30	2,55	0,43	-0,21	9,8	9,8	0	-0,65	0,5
EF						1							60							1		0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,13	0,21	20	17,0	0,57	0,08	0,20	3,40	3,60	0,29	-0,65	9,8	9,6	0,2	-0,74	1,0
EG							1							60							1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,15	0,20	20	17,0	0,66	0,07	0,95	2,20	3,15	0,23	-0,65	9,6	9,9	-0,3	-1,18	1,0
BH	2	2	2	2				60	60	60	60				1	1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,33	0,52	20	17,0	1,45	0,40	2,68	0,70	3,38	1,34	-0,95	11,8	11,8	0	-2,29	0,5
HI	1	1	1	1				60	60	60	60				1	1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,33	0,38	20	17,0	1,45	0,23	2,20	3,10	5,30	1,21	-2,29	11,8	9,8	2	-1,50	0,5
IJ	1							60							1							0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,09	0,15	20	17,0	0,40	0,04	1,30	13,80	15,10	0,68	-1,50	9,8	11,1	-1,3	-3,48	1,0
IK		1	1	1					60	60	60					1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,24	0,34	20	17,0	1,06	0,19	0,45	0,70	1,15	0,22	-1,50	11,1	11,1	0	-1,71	0,5
KL		1							60							1						0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,07	0,17	20	17,0	0,31	0,06	0,50	3,40	3,90	0,22	-1,71	11,1	10,6	0,5	-1,43	1,0
KM			1	1					60	60								1	1			0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,17	0,25	20	17,0	0,75	0,11	0,20	0,70	0,90	0,10	-1,71	10,6	10,6	0	-1,81	0,5
MN				1						60									1			0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,10	0,17	20	17,0	0,44	0,06	0,65	3,40	4,05	0,23	-1,81	10,6	9,95	0,65	-1,39	1,0
MO			1							60								1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,07	0,10	20	17,0	0,31	0,02	0,50	2,20	2,70	0,06	-1,81	9,95	9,75	0,2	-1,67	1,0
HP	1	1	1	1				60	60	60	60				1	1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,33	0,38	20	17,0	1,45	0,23	2,31	0,80	3,11	0,71	-2,29	9,75	7,75	2	-1,00	0,5
PQ	1							60							1							0,09	0,07	0,07	0,1																			

APÊNDICE E – DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DA NBR 5626 (1998) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																	
TRECHO	Σp	Q	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(acumulados)	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	73,6	2,57	1,65	50	44,0	1,69	0,03	6,80	2,20	9,00	0,29	0	17	10,2	6,8	6,51	0,5
BC	69	2,49	1,60	40	35,2	2,56	0,09	0,20	1,50	1,70	0,15	6,51	10,2	10	0,2	6,56	0,5
CD	64,4	2,41	1,54	40	35,2	2,47	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	6,56	10	9,8	0,2	6,61	0,5
DE	59,8	2,32	1,50	40	35,2	2,38	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	6,61	9,8	9,6	0,2	6,68	0,5
EF	55,2	2,23	1,46	40	35,2	2,29	0,08	2,40	1,50	3,90	0,30	6,68	9,6	7,2	2,4	8,78	0,5
FG	50,6	2,13	1,41	40	35,2	2,19	0,07	0,20	1,50	1,70	0,12	8,78	7,2	7	0,2	8,86	0,5
GH	46	2,03	1,36	40	35,2	2,09	0,07	0,20	1,50	1,70	0,11	8,86	7	6,8	0,2	8,95	0,5
HI	41,4	1,93	1,31	40	35,2	1,98	0,06	0,20	1,50	1,70	0,11	8,95	6,8	6,6	0,2	9,04	0,5
IJ	36,8	1,82	1,25	40	35,2	1,87	0,06	2,40	1,50	3,90	0,23	9,04	6,6	4,2	2,4	11,21	0,5
JK	32,2	1,70	1,18	40	35,2	1,75	0,05	0,20	1,50	1,70	0,09	11,21	4,2	4	0,2	11,32	0,5
KL	27,6	1,58	1,10	40	35,2	1,62	0,05	0,20	1,50	1,70	0,08	11,32	4	3,8	0,2	11,45	0,5
LN	23	1,44	1,00	40	35,2	1,48	0,04	0,20	1,50	1,70	0,07	11,45	3,8	3,6	0,2	11,58	0,5
MN	18,4	1,29	0,90	32	27,8	2,12	0,10	2,40	0,90	3,30	0,33	11,58	3,6	1,2	2,4	13,65	0,5
NO	13,8	1,11	0,80	32	27,8	1,84	0,08	0,20	0,90	1,10	0,09	13,65	1,2	1	0,2	13,76	0,5
OP	9,2	0,91	0,68	32	27,8	1,50	0,06	0,20	0,90	1,10	0,07	13,76	1	0,8	0,2	13,89	0,5
PQ	4,6	0,64	0,50	25	21,6	1,76	0,12	0,20	0,80	1,00	0,12	13,89	0,8	0,6	0,2	13,97	0,5
RAMAIS E SUB-RAMAIS																	
TRECHO	Σp	Q	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(acumulados)	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	4,6	0,64	0,50	25	21,6	1,76	0,12	9,57	4,40	13,97	2,98	6,8	10	11,8	-1,8	2,02	0,5
BC	2,4	0,46	0,32	25	21,6	1,27	0,05	2,25	3,10	5,35	0,29	2,02	11,8	9,8	2	3,73	0,5
CD	-	0,25	0,12	20	17,0	1,10	0,03	2,70	3,80	6,50	0,20	3,73	9,8	10,1	-0,3	3,23	1,0
CE	1,7	0,39	0,27	20	17,0	1,72	0,13	0,25	2,30	2,55	0,32	3,73	9,8	9,8	0	3,41	0,5
EF	-	0,30	0,13	20	17,0	1,32	0,03	0,20	3,40	3,60	0,13	3,41	9,8	9,6	0,2	3,49	1,0
EG	-	0,25	0,15	20	17,0	1,10	0,04	0,95	2,20	3,15	0,14	3,41	9,6	9,9	-0,3	2,97	1,0
BH	2,2	0,44	0,33	25	21,6	1,21	0,06	2,68	0,80	3,48	0,20	2,02	11,8	11,8	0	1,82	0,5
HI	1,1	0,31	0,31	20	17,0	1,39	0,16	2,20	3,10	5,30	0,85	1,82	11,8	9,8	2	2,98	0,5
IJ	-	0,10	0,09	20	17,0	0,44	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	2,98	9,8	11,1	-1,3	1,40	1,0
IK	1	0,30	0,24	20	17,0	1,32	0,10	0,45	0,70	1,15	0,12	2,98	11,1	11,1	0	2,86	0,5
KL	-	0,20	0,07	20	17,0	0,88	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	2,86	11,1	10,6	0,5	3,31	1,0
KM	0,6	0,23	0,17	20	17,0	1,02	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	2,86	10,6	10,6	0	2,81	0,5
MN	-	0,15	0,10	20	17,0	0,66	0,02	0,65	3,40	4,05	0,09	2,81	10,6	9,95	0,65	3,37	1,0
MO	-	0,15	0,07	20	17,0	0,66	0,01	0,50	2,20	2,70	0,03	2,81	9,95	9,75	0,2	2,98	1,0
HP	1,1	0,31	0,31	20	17,0	1,39	0,16	2,31	0,80	3,11	0,50	1,82	9,75	7,75	2	3,33	0,5
PQ	-	0,10	0,09	20	17,0	0,44	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	3,33	7,75	9,05	-1,3	1,75	1,0
PR	1	0,30	0,24	20	17,0	1,32	0,10	0,45	0,70	1,15	0,12	3,33	9,05	9,05	0	3,21	0,5
RS	-	0,20	0,07	20	17,0	0,88	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	3,21	9,05	8,55	0,5	3,66	1,0
RT	0,6	0,23	0,17	20	17,0	1,02	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	3,21	8,55	8,55	0	3,16	0,5
TU	-	0,15	0,10	20	17,0	0,66	0,02	0,65	3,40	4,05	0,09	3,16	8,55	7,9	0,65	3,72	1,0
TV	-	0,15	0,07	20	17,0	0,66	0,01	0,50	2,20	2,70	0,03	3,16	7,9	7,7	0,2	3,33	1,0

APÊNDICE F – DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO IPC (2024) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																		
TRECHO	Somatório das unidades de carga	Q	Q	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(WSFU)	(gpm)	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	198,4	64,68	4,08	1,65	50	44,0	2,68	0,03	6,80	2,20	9,00	0,29	0	17	10,2	6,8	6,51	0,5
BC	186,00	62,20	3,92	1,60	50	44,0	2,58	0,03	0,20	2,20	2,40	0,07	6,51	10,2	10	0,2	6,63	0,5
CD	173,60	59,72	3,77	1,54	50	44,0	2,48	0,03	0,20	2,20	2,40	0,07	6,63	10	9,8	0,2	6,76	0,5
DE	161,20	57,24	3,61	1,50	50	44,0	2,37	0,03	0,20	2,20	2,40	0,07	6,76	9,8	9,6	0,2	6,90	0,5
EF	148,80	54,48	3,44	1,46	50	44,0	2,26	0,03	2,40	2,20	4,60	0,12	6,90	9,6	7,2	2,4	9,18	0,5
FG	136,40	51,69	3,26	1,41	50	44,0	2,14	0,02	0,20	2,20	2,40	0,06	9,18	7,2	7	0,2	9,32	0,5
GH	124,00	48,90	3,08	1,36	50	44,0	2,03	0,02	0,20	2,20	2,40	0,06	9,32	7	6,8	0,2	9,46	0,5
HI	111,60	46,11	2,91	1,31	50	44,0	1,91	0,02	0,20	2,20	2,40	0,05	9,46	6,8	6,6	0,2	9,61	0,5
IJ	99,20	43,30	2,73	1,25	50	44,0	1,80	0,02	2,40	2,20	4,60	0,09	9,61	6,6	4,2	2,4	11,92	0,5
JK	86,80	40,04	2,53	1,18	40	35,2	2,60	0,05	0,20	1,50	1,70	0,09	11,92	4,2	4	0,2	12,03	0,5
KL	74,40	36,32	2,29	1,10	40	35,2	2,35	0,05	0,20	1,50	1,70	0,08	12,03	4	3,8	0,2	12,15	0,5
LN	62,00	32,60	2,06	1,00	40	35,2	2,11	0,04	0,20	1,50	1,70	0,07	12,15	3,8	3,6	0,2	12,28	0,5
MN	49,60	28,99	1,83	0,90	40	35,2	1,88	0,03	2,40	1,50	3,90	0,13	12,28	3,6	1,2	2,4	14,55	0,5
NO	37,20	25,52	1,61	0,80	40	35,2	1,65	0,03	0,20	1,50	1,70	0,05	14,55	1,2	1	0,2	14,71	0,5
OP	24,80	21,42	1,35	0,68	32	27,8	2,23	0,06	0,20	0,90	1,10	0,07	14,71	1	0,8	0,2	14,84	0,5
PQ	12,40	16,20	1,02	0,50	32	27,8	1,68	0,04	0,20	0,90	1,10	0,04	14,84	0,8	0,6	0,2	15,00	0,5
RAMAIS E SUB-RAMAIS																		
TRECHO	WSFU	Q	Q	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(acumulados)	(gpm)	(L/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	12,40	16,20	1,02	0,50	32	27,8	1,68	0,04	9,57	5,50	15,07	1,86	6,8	10	11,8	-1,8	3,14	0,5
BC	3	6,50	0,41	0,32	20	17,0	1,81	0,17	2,25	2,80	5,05	0,85	3,14	11,8	9,8	2	4,28	0,5
CD	1	3,00	0,19	0,12	20	17,0	0,83	0,03	2,70	3,80	6,50	0,20	4,28	9,8	10,1	-0,3	3,79	1,0
CE	2	5,00	0,32	0,27	20	17,0	1,39	0,13	0,25	2,30	2,55	0,32	4,28	9,8	9,8	0	3,96	0,5
EF	1	3,00	0,19	0,13	20	17,0	0,83	0,03	0,20	3,40	3,60	0,13	3,96	9,8	9,6	0,2	4,04	1,0
EG	1	3,00	0,19	0,15	20	17,0	0,83	0,04	0,95	2,20	3,15	0,14	3,96	9,6	9,9	-0,3	3,52	1,0
BH	9,40	14,06	0,89	0,33	32	27,8	1,46	0,02	2,68	0,90	3,58	0,06	3,14	11,8	11,8	0	3,08	0,5
HI	4,7	8,98	0,57	0,31	25	21,6	1,55	0,05	2,20	3,40	5,60	0,29	3,08	11,8	9,8	2	4,79	0,5
IJ	1	3,00	0,19	0,09	20	17,0	0,83	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	4,79	9,8	11,1	-1,3	3,21	1,0
IK	3,7	8,50	0,54	0,24	25	21,6	1,46	0,03	0,45	0,80	1,25	0,04	4,79	11,1	11,1	0	4,75	0,5
KL	1	3,00	0,19	0,07	20	17,0	0,83	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	4,75	11,1	10,6	0,5	5,20	1,0
KM	2,7	6,05	0,38	0,17	20	17,0	1,68	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	4,75	10,6	10,6	0	4,70	0,5
MN	2,2	5,30	0,33	0,10	20	17,0	1,47	0,02	0,65	3,40	4,05	0,09	4,70	10,6	9,95	0,65	5,26	1,0
MO	0,5	1,50	0,09	0,07	20	17,0	0,42	0,01	0,50	2,20	2,70	0,03	4,70	9,95	9,75	0,2	4,87	1,0
HP	4,7	8,98	0,57	0,31	25	21,6	1,55	0,05	2,31	0,80	3,11	0,16	3,08	9,75	7,75	2	4,92	0,5
PQ	1	3,00	0,19	0,09	20	17,0	0,83	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	4,92	7,75	9,05	-1,3	3,34	1,0
PR	3,7	8,50	0,54	0,24	25	21,6	1,46	0,03	0,45	0,80	1,25	0,04	4,92	9,05	9,05	0	4,88	0,5
RS	1	3,00	0,19	0,07	20	17,0	0,83	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	4,88	9,05	8,55	0,5	5,33	1,0
RT	2,7	6,05	0,38	0,17	20	17,0	1,68	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	4,88	8,55	8,55	0	4,83	0,5
TU	2,2	5,30	0,33	0,10	20	17,0	1,47	0,02	0,65	3,40	4,05	0,09	4,83	8,55	7,9	0,65	5,39	1,0
TV	0,5	1,50	0,09	0,07	20	17,0	0,42	0,01	0,50	2,20	2,70	0,03	4,83	7,9	7,7	0,2	4,99	1,0

APÊNDICE G – DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO EN 806-3 (2006) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																		
TRECHO	Vazão total em unidades de carga (Qt)	Maior valor unitário de carga	Vazão de projeto (Qd)	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(LU)		(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	288	2,00	1,65	1,65	40	35,2	1,70	0,09	6,80	1,50	8,30	0,78	0	17	10,2	6,8	6,02	0,5
BC	270,00	2,00	1,60	1,60	40	35,2	1,64	0,09	0,20	1,50	1,70	0,15	6,02	10,2	10	0,2	6,07	0,5
CD	252,00	2,00	1,54	1,54	40	35,2	1,58	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	6,07	10	9,8	0,2	6,13	0,5
DE	234,00	2,00	1,50	1,50	40	35,2	1,54	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	6,13	9,8	9,6	0,2	6,19	0,5
EF	216,00	2,00	1,46	1,46	40	35,2	1,50	0,08	2,40	1,50	3,90	0,30	6,19	9,6	7,2	2,4	8,29	0,5
FG	198,00	2,00	1,41	1,41	32	27,8	2,32	0,22	0,20	0,90	1,10	0,24	8,29	7,2	7	0,2	8,25	0,5
GH	180,00	2,00	1,36	1,36	32	27,8	2,24	0,21	0,20	0,90	1,10	0,23	8,25	7	6,8	0,2	8,23	0,5
HI	162,00	2,00	1,31	1,31	32	27,8	2,16	0,19	0,20	0,90	1,10	0,21	8,23	6,8	6,6	0,2	8,21	0,5
IJ	144,00	2,00	1,25	1,25	32	27,8	2,06	0,18	2,40	0,90	3,30	0,59	8,21	6,6	4,2	2,4	10,03	0,5
JK	126,00	2,00	1,18	1,18	32	27,8	1,94	0,16	0,20	0,90	1,10	0,18	10,03	4,2	4	0,2	10,05	0,5
KL	108,00	2,00	1,10	1,10	32	27,8	1,81	0,14	0,20	0,90	1,10	0,16	10,05	4	3,8	0,2	10,10	0,5
LN	90,00	2,00	1,00	1,00	32	27,8	1,65	0,12	0,20	0,90	1,10	0,13	10,10	3,8	3,6	0,2	10,16	0,5
MN	72,00	2,00	0,90	0,90	32	27,8	1,48	0,10	2,40	0,90	3,30	0,33	10,16	3,6	1,2	2,4	12,23	0,5
NO	54,00	2,00	0,80	0,80	32	27,8	1,32	0,08	0,20	0,90	1,10	0,09	12,23	1,2	1	0,2	12,34	0,5
OP	36,00	2,00	0,68	0,68	25	21,6	1,86	0,20	0,20	0,80	1,00	0,20	12,34	1	0,8	0,2	12,34	0,5
PQ	18,00	2,00	0,50	0,50	25	21,6	1,36	0,12	0,20	0,80	1,00	0,12	12,34	0,8	0,6	0,2	12,42	0,5
RAMAIS E SUB-RAM AIS																		
TRECHO	Vazão total em unidades de carga (Qt)	Maior valor unitário de carga	Vazão de projeto (Qd)	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	(LU)		(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	18,00	2,00	0,50	0,50	25	21,6	1,36	0,12	9,57	4,40	13,97	4,40	6,8	10	11,8	-1,8	0,60	0,5
BC	6	2,00	0,32	0,32	20	17,0	1,41	0,17	2,25	2,80	5,05	0,85	0,60	11,8	9,8	2	1,75	0,5
CD	2	2,00	0,20	0,12	20	17,0	0,88	0,03	2,70	3,80	6,50	0,20	1,75	9,8	10,1	-0,3	1,25	1,0
CE	4	2,00	0,27	0,27	20	17,0	1,19	0,13	0,25	2,30	2,55	0,32	1,75	9,8	9,8	0	1,43	0,5
EF	2	2,00	0,20	0,13	20	17,0	0,88	0,03	0,20	3,40	3,60	0,13	1,43	9,8	9,6	0,2	1,50	1,0
EG	2	2,00	0,20	0,15	20	17,0	0,88	0,04	0,95	2,20	3,15	0,14	1,43	9,6	9,9	-0,3	0,99	1,0
BH	12	2,00	0,42	0,33	25	21,6	1,15	0,06	2,68	0,80	3,48	0,20	0,60	11,8	11,8	0	0,40	0,5
HI	6	2,00	0,32	0,31	20	17,0	1,41	0,16	2,20	3,10	5,30	0,85	0,40	11,8	9,8	2	1,56	0,5
IJ	2	2,00	0,20	0,09	20	17,0	0,88	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	1,56	9,8	11,1	-1,3	-0,02	1,0
IK	4	2,00	0,27	0,24	20	17,0	1,19	0,10	0,45	0,70	1,15	0,12	1,56	11,1	11,1	0	1,44	0,5
KL	2	2,00	0,20	0,07	20	17,0	0,88	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	1,44	11,1	10,6	0,5	1,89	1,0
KM	2	2,00	0,20	0,17	20	17,0	0,88	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	1,44	10,6	10,6	0	1,39	0,5
MN	1	1,00	0,10	0,10	20	17,0	0,44	0,02	0,65	3,40	4,05	0,09	1,39	10,6	9,95	0,65	1,95	1,0
MO	1	1,00	0,10	0,07	20	17,0	0,44	0,01	0,50	2,20	2,70	0,03	1,39	9,95	9,75	0,2	1,56	1,0
HP	6	2,00	0,32	0,31	20	17,0	1,41	0,16	2,31	0,80	3,11	0,50	0,40	9,75	7,75	2	1,91	0,5
PQ	2	2,00	0,20	0,09	20	17,0	0,88	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	1,91	7,75	9,05	-1,3	0,33	1,0
PR	4	2,00	0,27	0,24	20	17,0	1,19	0,10	0,45	0,70	1,15	0,12	1,91	9,05	9,05	0	1,79	0,5
RS	2	2,00	0,20	0,07	20	17,0	0,88	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	1,79	9,05	8,55	0,5	2,24	1,0
RT	2	2,00	0,20	0,17	20	17,0	0,88	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	1,79	8,55	8,55	0	1,74	0,5
TU	1	1,00	0,10	0,10	20	17,0	0,44	0,02	0,65	3,40	4,05	0,09	1,74	8,55	7,9	0,65	2,30	1,0
TV	1	1,00	0,10	0,07	20	17,0	0,44	0,01	0,50	2,20	2,70	0,03	1,74	7,9	7,7	0,2	1,91	1,0

APÊNDICE H – DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE GONÇALVES (1986) CONSIDERANDO AS VAZÕES MÍNIMAS

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO																																					
TRECHO	Número de aparelhos (n)							m							q							Q	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	32	32	32	32	16	16	16	8	2	1	2	2	5	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	2,17	1,65	40	35,2	2,23	0,09	6,80	1,50	8,30	0,78	0	17	10,2	6,8	6,02	0,5
BC	30	30	30	30	15	15	15	7	2	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,95	1,60	40	35,2	2,00	0,09	0,20	1,50	1,70	0,15	6,02	10,2	10	0,2	6,07	0,5
CD	28	28	28	28	14	14	14	7	2	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,95	1,54	40	35,2	2,00	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	6,07	10	9,8	0,2	6,13	0,5
DE	26	26	26	26	13	13	13	6	1	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,79	1,50	40	35,2	1,84	0,08	0,20	1,50	1,70	0,14	6,13	9,8	9,6	0,2	6,19	0,5
EF	24	24	24	24	12	12	12	6	1	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,79	1,46	40	35,2	1,84	0,08	2,40	1,50	3,90	0,30	6,19	9,6	7,2	2,4	8,29	0,5
FG	22	22	22	22	11	11	11	6	1	1	2	2	4	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,79	1,41	40	35,2	1,84	0,07	0,20	1,50	1,70	0,12	8,29	7,2	7	0,2	8,37	0,5
GH	20	20	20	20	10	10	10	5	1	1	2	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,45	1,36	40	35,2	1,49	0,07	0,20	1,50	1,70	0,11	8,37	7	6,8	0,2	8,46	0,5
HI	18	18	18	18	9	9	9	5	1	1	2	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,45	1,31	40	35,2	1,49	0,06	0,20	1,50	1,70	0,11	8,46	6,8	6,6	0,2	8,55	0,5
IJ	16	16	16	16	8	8	8	5	1	1	1	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,35	1,25	32	27,8	2,22	0,18	2,40	0,90	3,30	0,59	8,55	6,6	4,2	2,4	10,37	0,5
JK	14	14	14	14	7	7	7	4	1	1	1	1	3	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,26	1,18	32	27,8	2,08	0,16	0,20	0,90	1,10	0,18	10,37	4,2	4	0,2	10,39	0,5
KL	12	12	12	12	6	6	6	4	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,13	1,10	32	27,8	1,86	0,14	0,20	0,90	1,10	0,16	10,39	4	3,8	0,2	10,43	0,5
LN	10	10	10	10	5	5	5	3	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,04	1,00	32	27,8	1,71	0,12	0,20	0,90	1,10	0,13	10,43	3,8	3,6	0,2	10,50	0,5
MN	8	8	8	8	4	4	4	3	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	1,04	0,90	32	27,8	1,71	0,10	2,40	0,90	3,30	0,33	10,50	3,6	1,2	2,4	12,57	0,5
NO	6	6	6	6	3	3	3	2	1	1	1	1	2	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,95	0,80	32	27,8	1,57	0,08	0,20	0,90	1,10	0,09	12,57	1,2	1	0,2	12,68	0,5
OP	4	4	4	4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,82	0,68	32	27,8	1,35	0,06	0,20	0,90	1,10	0,07	12,68	1	0,8	0,2	12,81	0,5
PQ	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,73	0,50	25	21,6	1,99	0,12	0,20	0,80	1,00	0,12	12,81	0,8	0,6	0,2	12,90	0,5
RAMAIS E SUB-RAMAIS																																					
TRECHO	Número de aparelhos (n)							m							q							Q	Qmin	DN	Dint.	V	J	L	Leq	Lt	Δh	Pressão (montante)	Cota (montante)	Cota (jusante)	Δcota	Pressão (residual)	Pressão (requerida)
	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	CH	DH	LV	VS	PIA	MLR	TLR	(l/s)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
AB	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,73	0,50	25	21,6	1,99	0,12	9,57	4,40	13,97	2,98	6,8	10	11,8	-1,8	2,02	0,5
BC					1	1	1					1	1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,40	0,32	20	17,0	1,76	0,17	2,25	2,80	5,05	0,85	2,02	11,8	9,8	2	3,17	0,5
CD					1							1			0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,12	0,12	20	17,0	0,53	0,03	2,70	3,80	6,50	0,20	3,17	9,8	10,1	-0,3	2,67	1,0
CE						1	1						1	1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,28	0,27	20	17,0	1,23	0,13	0,25	2,30	2,55	0,32	3,17	9,8	9,8	0	2,85	0,5
EF						1							1		0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,13	0,13	20	17,0	0,57	0,03	0,20	3,40	3,60	0,13	2,85	9,8	9,6	0,2	2,92	1,0
EG							1							1	0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,15	0,15	20	17,0	0,66	0,04	0,95	2,20	3,15	0,14	2,85	9,6	9,9	-0,3	2,41	1,0
BH	2	2	2	2				1	1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,33	0,33	20	17,0	1,45	0,18	2,68	0,70	3,38	0,60	2,02	11,8	11,8	0	1,42	0,5
HI	1	1	1	1				1	1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,33	0,31	20	17,0	1,45	0,16	2,20	3,10	5,30	0,85	1,42	11,8	9,8	2	2,57	0,5
IJ	1							1							0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,09	0,09	20	17,0	0,40	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	2,57	9,8	11,1	-1,3	0,99	1,0
IK		1	1	1					1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,24	0,24	20	17,0	1,06	0,10	0,45	0,70	1,15	0,12	2,57	11,1	11,1	0	2,45	0,5
KL		1							1						0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,07	0,07	20	17,0	0,31	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	2,45	11,1	10,6	0,5	2,91	1,0
KM			1	1						1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,17	0,17	20	17,0	0,75	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	2,45	10,6	10,6	0	2,40	0,5
MN				1							1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,10	0,10	20	17,0	0,44	0,02	0,65	3,40	4,05	0,09	2,40	10,6	9,95	0,65	2,96	1,0
MO			1							1					0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,07	0,07	20	17,0	0,31	0,01	0,50	2,20	2,70	0,03	2,40	9,95	9,75	0,2	2,57	1,0
HP	1	1	1	1				1	1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,33	0,31	20	17,0	1,45	0,16	2,31	0,80	3,11	0,50	1,42	9,75	7,75	2	2,92	0,5
PQ	1							1							0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,09	0,09	20	17,0	0,40	0,02	1,30	13,80	15,10	0,28	2,92	7,75	9,05	-1,3	1,34	1,0
PR		1	1	1					1	1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,24	0,24	20	17,0	1,06	0,10	0,45	0,70	1,15	0,12	2,92	9,05	9,05	0	2,80	0,5
RS		1							1						0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,07	0,07	20	17,0	0,31	0,01	0,50	3,40	3,90	0,05	2,80	9,05	8,55	0,5	3,26	1,0
RT			1	1						1	1				0,09	0,07	0,07	0,1	0,12	0,13	0,15	0,17	0,17	20	17,0	0,75	0,06	0,20	0,70	0,90	0,05	2,80	8,55	8,55			