

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Cristine Braatz Konrad**

**IMPACTO DA METODOLOGIA UTILIZADA NA  
DETERMINAÇÃO DE VAZÃO EM PROJETOS DE  
INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA EM PRÉDIOS  
RESIDENCIAIS.**

Porto Alegre  
dezembro 2018

**CRISTINE BRAATZ KONRAD**

**IMPACTO DA METODOLOGIA UTILIZADA NA  
DETERMINAÇÃO DE VAZÃO EM PROJETOS DE  
INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA EM PRÉDIOS  
RESIDENCIAIS.**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheiro Civil

**Orientador: Juan Martín Bravo**

Porto Alegre  
dezembro 2018

**CRISTINE BRAATZ KONRAD**

**IMPACTO DA METODOLOGIA UTILIZADA NA  
DETERMINAÇÃO DE VAZÃO EM PROJETOS DE  
INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA EM PRÉDIOS  
RESIDENCIAIS.**

Porto Alegre, dezembro de 2018

Prof. Juan Martín Bravo  
Dr. pelo PPGRHSA/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Fernando Mainardi Fan**  
**(UFRGS)**  
Dr. Pela Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul

**Profa. Daniela Guzzon Sanagiotto**  
**(UFRGS)**  
Dra. Pela Instituição Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul

**Prof. Juan Martín Bravo**  
**(UFRGS)**  
Dr. Pela Instituição Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Maira e Gelson, ao meu irmão Fábio e aos amigos que sempre me apoiaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Maira e Gelson, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em todos os momentos. Também sou grata ao meu irmão e todos os amigos que fizeram parte dessa trajetória, especialmente à Bárbara.

Agradeço aos professores que me ajudaram na conclusão desse curso, principalmente ao professor orientador Juan Martín Bravo, sempre disposto e empenhado ao longo da realização desse trabalho.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

## RESUMO

O sistema de medição individualizado (SMI) consiste em cada apartamento possuir seu próprio hidrômetro, ou seja, cada unidade ter a sua medição mensal de água, não havendo a necessidade de dividir de forma subjetiva o consumo total de prédios residenciais. Esse sistema se tornará obrigatório em todo o país em edificações datadas após o ano de 2020, conforme Lei sancionada no ano de 2016. Este trabalho tem como objetivo verificar como diferentes métodos de determinação de vazão em sistemas prediais de água fria afetam o dimensionamento das tubulações e hidrômetros. Entre os métodos testados, foi utilizado aquele sugerido pela NBR 5626 de 1998 – Instalação predial de água fria, o qual foi estruturado antes mesmo do surgimento do SMI e, portanto, não considera as diferenças básicas entre a medição coletiva e individualizada. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais métodos de determinação da vazão existentes, sendo um deles selecionado, o Método Hidráulico e, após, modificado para adequar-se melhor ao SMI. Esses dois métodos, juntamente com aquele indicado pela NBR 5626 de 1998, foram testados numa mesma edificação e tiveram seus resultados comparados. O método modificado pela autora mostrou-se mais simples de ser utilizado e também proporcionou resultados mais relevantes no que tange o dado de vazão. Neste método, os valores de vazão encontrados foram menores tanto na coluna de água fria quanto nos ramais, evidenciando o possível superdimensionamento ocasionado pelo método indicado pela norma quando o SMI é adotado, sabendo-se que poucos aparelhos de um mesmo ramal serão utilizados simultaneamente. Comparando os resultados obtidos, o Método Hidráulico Modificado proporcionou os menores valores de vazão, apesar da diferença de diâmetros não ter sido muito significativa devido à dimensão mínima exigida pela norma e também disponível no mercado. Além disso, no caso do prédio em questão, o trecho correspondente à localização do hidrômetro de cada apartamento obteve o mesmo resultado de diâmetro nominal pelo método recomendado pela norma e pelo MHM, mas os dados de vazão encontrados pelos três métodos estudados foram distintos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de instalação predial com medição individualizada .....	19
Figura 2 – Diagrama esquemático da metodologia do estudo.....	35
Figura 3 – Vista 3D do empreendimento estudado .....	42
Figura 4 – Planta baixa do pavimento tipo com traçado .....	43
Figura 5 – Vista 3D do traçado.....	44
Figura 6 – Corte A-A do empreendimento .....	45
Figura 7 – Corte B-B do empreendimento .....	46
Figura 8 – Comparativo das vazões no barrilete .....	52
Figura 9 – Comparativo das vazões nas colunas de água fria .....	52
Figura 10 – Comparativo das vazões nos ramais e sub-ramais .....	53
Figura 11 – Comparativo dos diâmetros nominais no barrilete.....	54
Figura 12 – Comparativo dos diâmetros nominais nas colunas de água fria .....	54
Figura 13 – Comparativo dos diâmetros nominais nos ramais e sub-ramais .....	55
Figura 14 – Comparativo das velocidades do escoamento no barrilete .....	56
Figura 15 – Comparativo das velocidades do escoamento nas colunas de água fria .....	56
Figura 16 – Comparativo das velocidades do escoamento nos ramais e sub-ramais .....	57



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do SMI .....	20
Tabela 2 – Peso por aparelho segundo o Método da Raiz Quadrada .....	24
Tabela 3 – Valores de Pb - Método de Hunter .....	26
Tabela 4 – Valores de P - Método de Hunter .....	27
Tabela 5 – Parâmetros propostos por Konen - 1980 .....	29
Tabela 6 – Parâmetros propostos por Konen - 1984 .....	29
Tabela 7 – Porcentagem de aparelhos considerados em uso simultâneo, conforme o Método Hidráulico .....	37
Tabela 8 – Aparelhos a serem considerados para barrilete e CAF's .....	38
Tabela 9 – Aparelhos a serem considerados para ramais e sub-ramais .....	38
Tabela 10 – Método Hidráulico Modificado .....	40
Tabela 11 – Altura de utilização dos aparelhos sanitários .....	41
Tabela 12 – Resultados obtidos com a aplicação do método indicado pela NBR 5626, de 1998 .....	47
Tabela 13 – Resultados obtidos com a aplicação do Método Hidráulico .....	48
Tabela 14 – Resultados obtidos com a aplicação do Método Hidráulico Modificado .....	49

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SMI	–	Sistema de Medição Individualizada
SMC	–	Sistema de Medição Coletiva
MH	–	Método Hidráulico
MHM	–	Método Hidráulico Modificado

## LISTA DE SÍMBOLOS

$s$	–	segundo, unidade de tempo
$min$	–	minuto, unidade de tempo
$l$	–	litros, unidade de volume
$Qp$	–	vazão de projeto ( $l/s$ )
$qr$	–	vazão de referência ( $l/s$ )
$qi$	–	vazão unitária do aparelho do tipo $i$ ( $l/s$ )
$P$	–	peso atribuído ao aparelho
$Pi$	–	peso atribuído ao aparelho sanitário do tipo $i$
$Pr^n$	–	probabilidade de quaisquer $r$ aparelhos e somente $r$ , de um total de $n$ aparelhos instalados, serem encontrados em funcionamento, em um determinado instante
$Cr^n$	–	número de combinações de $n$ aparelhos $r$ a $r$
$Pb$	–	probabilidade de um dado aparelho estar em funcionamento
$t$	–	período compreendido entre o início da descarga e o final da mesma ( $s$ )
$T$	–	intervalo de tempo entre descargas consecutivas ( $s$ )
$n$	–	número de aparelhos sanitários instalados à jusante do trecho
$ni$	–	número de aparelhos sanitários do tipo $i$ , instalados a jusante do trecho considerado
$k$	–	número de tipos de aparelhos sanitários no trecho considerado
$m$	–	número de aparelhos sanitários em uso simultâneo
$mi$	–	número de aparelhos sanitários, do tipo $i$ , a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha
$SP$	–	soma dos pesos de todos os aparelhos sanitários a jusante do trecho considerado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....</b>	<b>16</b>
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	16
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA .....	16
2.3 PRESSUPOSTO.....	16
2.4 LIMITAÇÕES .....	16
2.5 DELINEAMENTO.....	17
<b>3 SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA .....</b>	<b>18</b>
3.1 PARTES CONSTITUINTES .....	18
3.2 MEDIÇÃO COLETIVA X MEDIÇÃO INDIVIDUAL .....	19
3.3 HIDRÔMETROS EM SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA .....	21
<b>4 METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE VAZÃO.....</b>	<b>23</b>
4.1 MÉTODOS EMPÍRICOS .....	23
<b>4.1.1 Método da Raiz Quadrada (Alemão).....</b>	<b>23</b>
4.2 MÉTODOS PROBABILÍSTICOS .....	25
<b>4.2.1 Método de Hunter.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.2 Método de Konen (Hunter Modificado) .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.3 Método Aberto - Gonçalves .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.4 Dados Comuns a Todos os Métodos.....</b>	<b>32</b>
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
5.1 MÉTODO HIDRÁULICO MODIFICADO.....	36
<b>5.1.1 Vazão de Projeto.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1.4 Procedimento Tabela.....</b>	<b>38</b>
<b>6 EMPREENDIMENTO E TRAÇADO .....</b>	<b>41</b>
<b>7 RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
7.1 MÉTODO NBR.....	47
7.3 MÉTODO HIDRÁULICO .....	48
7.4 MÉTODO HIDRÁULICO MODIFICADO.....	49
<b>8 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
8.1 VAZÃO .....	51
8.2 DIÂMETROS DAS TUBULAÇÕES .....	53
8.3 VELOCIDADE DO ESCOAMENTO .....	55
8.4 HIDRÔMETRO .....	57
<b>9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo A – Tabelas NBR 8160/1998 .....</b>	<b>62</b>

<b>Anexo B – Tabelas NBR 5626/1998.....</b>	<b>65</b>
---	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas hidráulicos possuem grande importância no cotidiano dos indivíduos, levando em conta a necessidade de seu funcionamento adequado, evitando transtornos diários. Caso o sistema não seja dimensionado corretamente, pode ocasionar custo alto para o proprietário, além de problemas na medição do consumo de água. Independente do método utilizado para o dimensionamento do sistema, o parâmetro determinante é a vazão de projeto, a qual se refere à vazão adotada no ponto de utilização do aparelho sanitário (ABNT NBR 5626: 1998).

Em junho de 2016, foi sancionada a Lei 13.312/2016, que entrará em vigência cinco anos após essa data. Ela torna obrigatória a utilização de sistema de medição individualizada nas novas edificações, ou seja, cada apartamento possui um hidrômetro (aparelho medidor de vazão) próprio. Quando estes aparelhos não são adequadamente dimensionados, pode ocorrer submedição da vazão, portanto, os projetistas devem ser cautelosos na realização desse processo, atentando-se principalmente à vazão de projeto calculada. Atualmente, no Brasil, o dimensionamento de instalações de água fria é conduzido pela NBR 5626 de 09/1998, sendo recomendada a utilização do Método da Raiz Quadrada para a determinação da vazão de projeto, a qual é um método determinístico, tendo como base dados experimentais. Para sistemas com medição coletiva, esse processo pode ser adequado, pois as colunas de distribuição de água fria alimentam aparelhos com frequência de utilização similar. Entretanto, esse procedimento pode não resultar o mais adequado quando da utilização de medição individualizada, uma vez que a mesma ramificação alimenta aparelhos sanitários de cômodos diferentes e, conseqüentemente, possuem frequência de utilização distinta. Destaca-se, ainda, o trecho correspondente ao hidrômetro, uma vez que o seu dimensionamento errôneo pode facilmente ocasionar submedições. Quando da entrada da edificação, o hidrômetro é único e a sua dimensão fica a cargo da concessionária, entretanto, em SMI cada apartamento necessita seu próprio aparelho, portanto, o projetista precisa ficar atento quanto às instruções técnicas de cada município.

Existem outras metodologias que podem ser utilizadas para a determinação da vazão de projeto, como os métodos probabilísticos. Nestes, o projetista pode caracterizar melhor a edificação, diferenciando o seu tipo, os costumes dos moradores e a frequência de utilização

dos aparelhos presentes. Dessa forma, o projeto torna-se mais fiel à realidade, dimensionando adequadamente as tubulações, bem como os hidrômetros individuais.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para o desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DA PESQUISA**

Procuram-se respostas para o seguinte problema: As vazões estimadas por diferentes métodos em projetos de instalações prediais residenciais dão como resultado diferentes diâmetros de tubulações e hidrômetros?

### **2.2 OBJETIVO DA PESQUISA**

O trabalho em questão tem como objetivo verificar como diferentes métodos de determinação de vazão em sistemas prediais de água fria afetam o dimensionamento das tubulações e hidrômetros.

### **2.3 PRESSUPOSTO**

É pressuposto válido para esse trabalho todos os métodos de cálculos e informações apresentados em:

a) NBR. 5626 de 09/1998: Instalação Predial de Água Fria

### **2.4 LIMITAÇÕES**

Neste trabalho, o mesmo empreendimento real será utilizado para todas as metodologias analisadas. A construção será localizada na cidade de Porto Alegre, portanto, os sistemas escolhidos serão os usuais deste local.



## 2.5 DELINEAMENTO

O delineamento deste trabalho é composto das seguintes etapas:

- a) revisão bibliográfica sobre metodologias de determinação de vazão em instalações prediais de água fria (pesquisa);
- b) descrição de instalação predial de água fria e diferenças entre medição coletiva e medição individualizada;
- c) escolha do empreendimento a ser utilizado para a realização do projeto e traçado da tubulação de água fria;
- d) proposta de um novo método de estimativa de vazões em instalações prediais de água fria;
- e) estimativa de vazões e dimensionamento da instalação predial de água fria aplicando o método descrito pela Norma NBR 5626 (ABNT, 1998), o Método Hidráulico presente na norma NBR 8160 (ABNT, 1999) e também o novo método proposto;
- f) análise dos resultados e considerações finais.

### **3 SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA**

A hidrometração individualizada de água em edificações verticais consiste na instalação de um hidrômetro para cada unidade habitacional e pelo menos um hidrômetro de serviço para medir o consumo das áreas comuns do prédio. Segundo a Norma NBR 5626 (ABNT, 1998), um dos requisitos que o projeto de instalação de água fria é promover economia de água e energia, e o sistema de medição individualizada (SMI) contribui muito para o cumprimento desse item, como veremos a seguir. As partes constituintes desse tipo de sistema, bem como as vantagens e desvantagens com relação à medição coletiva estão apresentadas nos tópicos a seguir.

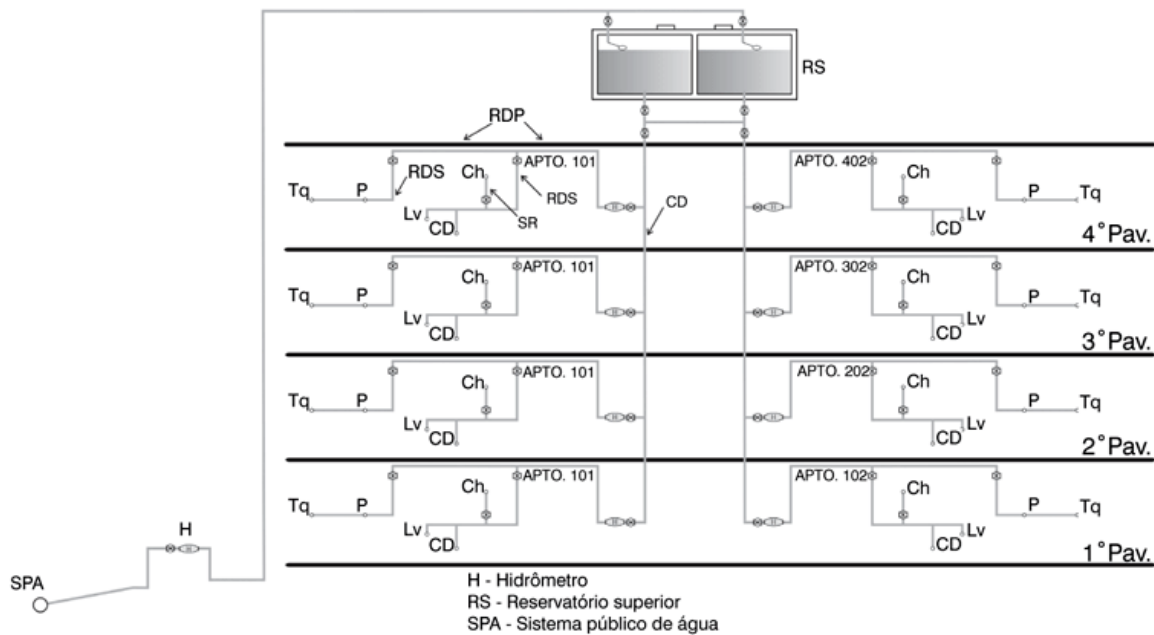
#### **3.1 PARTES CONSTITUINTES**

Conforme a norma NBR 5626 (ABNT, 1998), o sistema de água fria é composto por:

- a) Rede de distribuição: “Conjunto de tubulações constituído de barriletes, coluna de distribuição de água fria (CAF), ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos destinados a levar água aos pontos de utilização.”;
- b) Barrilete: “Tubulação que se origina no reservatório e da qual derivam as CAF, quando o tipo de abastecimento é indireto.”;
- c) Coluna de Distribuição: “Derivada do barrilete, é destinada a alimentar ramais.”, tubulação vertical;
- d) Ramal de Alimentação: alimentam os sub-ramais das peças de utilização;
- e) Sub-ramais: alimentam as peças de utilização.
- f) Tipo de Abastecimento: “Forma como o abastecimento do ponto de utilização é efetuado. Pode ser tanto direto, quando a água provém diretamente da fonte de abastecimento, como indireto, quando a água provém de um reservatório existente no edifício.”.

Esses elementos podem ser conferidos na Figura 1.

Figura 1 – Esquema de instalação predial padrão com medição individualizada



(fonte: PERES, 2006)

Como mencionado nas delimitações deste trabalho, a alimentação da água fria será feita por sistema indireto, por ser mais comumente utilizado no município de Porto Alegre.

A vazão de projeto será o principal ponto neste trabalho. A NBR 5626 (ABNT, 1998) define esse dado como “Valor de vazão, adotado para efeito de projeto, no ponto de utilização ou no ponto de suprimento.”. Outro item importante será o hidrômetro, medidor de vazão. O aparelho que mede o consumo geral do prédio é localizado entre o ramal predial e o alimentador predial, e deve ser instalado em um compartimento de alvenaria ou concreto, juntamente com um registro de gaveta, e a canalização ali existente é chamada de “cavelete”. Quando da medição individualizada, além do hidrômetro geral, deve haver um medidor para cada apartamento, localizados em área comum de fácil acesso para manutenção e eventuais leituras.

### 3.2 MEDIÇÃO COLETIVA X MEDIÇÃO INDIVIDUAL

No Brasil, a maior parte dos edifícios multifamiliares possui o sistema de medição de água coletivo (SMC), a qual não contribui para a redução do desperdício de água, uma vez que,

quando a conta é dividida entre os condôminos, os usuários mais exagerados acabam sendo mascarados. Segundo Oliveira (1999), há diversas alternativas tecnológicas que contribuem para a redução do consumo de água estando entre elas o sistema de medição individualizada. Esta é a principal vantagem desse sistema, pois quando a leitura é feita por apartamento, o consumo pelos moradores é mais controlado. LIMA et al. (2015, p. 59), cita que “Do ponto de vista das concessionárias de abastecimento de água (empresas de saneamento) os SMI normalmente resultam na diminuição da inadimplência e, devido à redução de consumo, resulta na maior capacidade de suprimento do sistema de abastecimento de água, sem a necessidade de ampliação do mesmo.” A Tabela 1 mostra as principais vantagens e desvantagens desse sistema.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do SMI

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
<b>Justiça na cobrança de água</b>	Necessidade de mão de obra especializada para a manutenção dos cavaletes e medidores individuais. A existência de vários hidrômetros gera um custo de obra inicial maior, além de o seu projeto ser mais complexo do que no SMC
<b>Melhor controle dos casos de inadimplência e no corte do fornecimento de água</b>	Perda de carga excessiva no sistema predial de distribuição de água
<b>Indução ao uso racional de água</b>	Inviabilidade técnica quanto ao uso de válvulas de descarga em bacias sanitárias
<b>Maior facilidade na detecção de anormalidades no perfil de consumo, possibilitando ações de manutenção mais rápidas e eficientes</b>	Necessidade de acesso de pessoal terceirizado para realização da leitura de medidores no caso de sistemas convencionais de leitura, ou custo maior com medição remota

(fonte: adaptado de LIMA et al, 2016)

Em julho do ano de 2016, o presidente do Brasil sancionou a Lei 13.312, a qual modifica a Lei 11.445, de 2007: “As novas edificações condominiais adotarão padrões de sustentabilidade ambiental que incluam, entre outros procedimentos, a medição individualizada do consumo hídrico por unidade imobiliária”. Essa Lei deve entrar em vigor cinco anos depois da sua publicação e, portanto, as atenções são voltadas à adequada determinação da vazão nesse sistema.

Conforme Ilha et al. (2010), em SMC, as colunas de distribuição geralmente abastecem o mesmo ambiente sanitário em cada pavimento, sendo a frequência de utilização dos aparelhos praticamente uniforme, ocorrendo em um mesmo período. No caso dos sistemas de medição individualizada, os trechos da tubulação de água atendem diferentes tipos de ambientes sanitários, uma vez que o hidrômetro instalado mede a vazão do apartamento como um todo, e não recintos separados. Por exemplo, a cozinha, o banheiro e áreas de serviço possuem horários de pico e frequência de utilização distinta e serão alimentados pela mesma tubulação no SMI.

### 3.3 HIDRÔMETROS EM SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA

Hidrômetro é um aparelho destinado a medir e indicar continuamente o total volume de água que o atravessou (Decreto Nº 9.396/1988). Atualmente, o dimensionamento desses aparelhos em edificações com medição coletiva tem sido tarefa das concessionárias, principalmente devido ao desconhecimento dos projetistas quanto a esse tema (ILHA et al. 2010). Segundo Pereira (2007), hidrômetros inadequadamente dimensionados resultam na submedição do consumo, quando as vazões no ramal de alimentação são inferiores a vazão mínima dos hidrômetros e, portanto, não detectadas. Entretanto, o subdimensionamento do hidrômetro é igualmente prejudicial, pois um aparelho sujeito frequentemente a vazões acima daquela para a qual foi projetado para suportar termina por sofrer danos e desgastes prematuros. Como consequência, pode provocar submedição maior do que aquela que se queria evitar ao instalar um hidrômetro menor.

Quando o caso é medição individualizada, a dimensão do hidrômetro resulta da estimativa de vazões do ramal de alimentação realizada pelo projetista. A NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda o uso do Método empírico alemão da Raiz Quadrada para a determinação da

vazão, entretanto, ela não considera que as vazões de projeto dependem das atividades dos usuários e, conseqüentemente, do tipo da edificação. Conforme Oliveira et al. (2007), é evidente a necessidade de modelos mais adequados não só para o dimensionamento dos hidrômetros individuais, mas também para o sistema de distribuição de água.

Já é comprovado que, utilizando o método indicado pela norma, o sistema de medição individualizada encarece a obra. Segundo Bussolo (2010), o custo do SMI é 20,33% superior que o custo do SMC, tal diferença se dá basicamente pelo valor dos hidrômetros que representaram um custo superior a 10% do custo total do sistema. Apesar disso, outros estudos relatam a redução no consumo de água, conforme Coelho e Maynard (1999), através do monitoramento de edificações que foram adaptadas para a leitura individual dos consumos, tem-se verificado uma redução no consumo global dos edifícios na faixa de 30%, já na conta individual de cada condômino, em diversos casos a redução do valor da conta supera 50%. Obviamente, essa redução varia conforme a cultura dos usuários. Caso os moradores já se preocupem com o uso racional da água, essa redução não será tão significativa.

No caso da cidade de Porto Alegre, existe a Instrução Técnica 150 – Medição Individualizada de Água em Condomínios a qual especifica todos os critérios de instalação e características necessárias ao hidrômetro. Nela, é indicada a utilização de um aparelho com diâmetro nominal de 20 mm e vazão nominal de 1,5 m<sup>3</sup>/h ou de 0,417 l/s. A portaria 246/2000 do INMETRO define vazão nominal do hidrômetro como a maior vazão nas condições de utilização, expressa em m<sup>3</sup>/h nas quais o hidrômetro deve funcionar satisfatoriamente dentro dos limites de erros admissíveis. Corresponde a 50% da vazão máxima do hidrômetro.

## 4 METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE VAZÃO

O cálculo das vazões a serem consideradas nos projetos de sistemas de água fria envolve o estudo de duas variáveis: o consumo por tipo de aparelho sanitário e a demanda de utilização simultânea dos aparelhos (CREDER, 2006). As metodologias utilizadas para a determinação da vazão podem ser classificadas em dois grandes grupos: métodos empíricos e métodos probabilísticos (GRAÇA e GONÇALVES, 1987). Para o primeiro grupo, foi descrito o Método da Raiz Quadrada, para o segundo, foram descritos os Métodos de Hunter, Hunter Modificado e Método Hidráulico.

### 4.1 MÉTODOS EMPÍRICOS

Os métodos empíricos ou determinísticos baseiam-se na utilização de tabelas, gráficos e expressões matemáticas previamente estabelecidas. São dados propostos por pesquisadores a partir de suas próprias experiências (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

#### 4.1.1 Método da Raiz Quadrada (Alemão)

O Método da Raiz Quadrada (alemão) utiliza uma expressão matemática para a determinação da vazão, a qual relaciona pesos associados a tipos de aparelhos sanitários. A soma desses pesos é determinante para tal medida.

Para a determinação da vazão de projeto:

$$Q_p = q_r \left( \sum_{i=1}^k n_i \cdot P_i \right)^{1/2} \quad (\text{equação 1})$$

Sendo:

$$P1 = \left(\frac{q1}{qr}\right)^2 \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

$Qp$  = vazão de projeto do trecho considerado (l/s);

$qr$  = vazão de referência (l/s);

$ni$  = número de aparelhos sanitários do tipo i, instalados a jusante do trecho considerado;

$Pi$  = peso atribuído ao aparelho sanitário do tipo i;

$qi$  = vazão unitária do aparelho sanitário do tipo i (l/s);

$k$  = número de tipos de aparelhos sanitários no trecho considerado.

Esse modelo é recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas na norma NBR 5625 de 1998, sendo  $qr = 0,3$  l/s. Nela, o peso de cada aparelho é determinado pela sua vazão, como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Peso por aparelho segundo o Método da Raiz Quadrada presente na Norma NBR 5626

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
<b>Bacia sanitária</b>		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,7	32
<b>Banheira</b>		Misturador (água fria)	0,3	1
<b>Bebedouro</b>		Registro de pressão	0,1	0,1
<b>Bidê</b>		Misturador (água fria)	0,1	0,1
<b>Chuveiro ou ducha</b>		Misturador (água fria)	0,2	0,4
<b>Chuveiro elétrico</b>		Registro de pressão	0,1	0,1
<b>Lavadora de pratos ou de roupas</b>		Registro de pressão	0,3	1
<b>Lavatório</b>		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
<b>Mictório cerâmico</b>	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro depressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3



<b>Mictório tipo calha</b>	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15	0,3
<b>Pia</b>	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
	Torneira elétrica	0,1	0,1
<b>Tanque</b>	Torneira	0,25	0,7
<b>Torneira de jardim ou lavagem em geral</b>	Torneira	0,2	0,4

(fonte: NBR 5625, ABNT(1998))

## 4.2 MÉTODOS PROBABILÍSTICOS

Os métodos probabilísticos tiveram seu início em trabalhos desenvolvidos por Hunter em 1924 e 1932. Diferentemente do item anterior, as tabelas e expressões matemáticas utilizadas nesses métodos são estabelecidas a partir de conceitos probabilísticos.

Dentre os métodos probabilísticos, podem-se destacar os métodos fechados e os abertos. No primeiro caso, o projetista não possui a liberdade para caracterizar a edificação, de acordo com a sua natureza e os costumes dos moradores, por exemplo. Nessa classificação, encontram-se os métodos de Hunter e Konen, os quais foram descritos mais abaixo neste capítulo.

Os modelos abertos, por outro lado, permitem ao engenheiro definir os parâmetros estatísticos de entrada para cada circunstância de projeto e estabelecer os fatores de falha admissíveis para o sistema predial de distribuição de água. Graça e Gonçalves (1986) cita que a maioria dos modelos estudados consta de procedimentos simplistas, fundamentados em considerações teóricas ou não, que nem sempre representam a complexidade do problema. A partir dessa avaliação, os referidos autores propuseram um modelo aberto para a determinação das demandas de água em sistemas prediais, a qual pudesse representar as condições reais de cada situação de projeto. Esse será o terceiro método abordado neste capítulo.

### 4.2.1 Método de Hunter

Hunter considerou como função a distribuição binomial:

$$Pr^n = Cr^n \cdot Pb^r \cdot (1 - Pb)^{n-r} \quad (\text{equação 3})$$

Onde:

$Pr^n$  = probabilidade de quaisquer  $r$  aparelhos e somente  $r$ , de um total de  $n$  aparelhos instalados, serem encontrados em funcionamento, em um determinado instante;

$Cr^n$  = número de combinações de  $n$  aparelhos  $r$  a  $r$ ;

$Pb$  = probabilidade de um dado aparelho estar em funcionamento.

A probabilidade  $Pb$  de que um determinado aparelho esteja em funcionamento pode ser expressa por:

$$Pb = t/T \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

$t$  = período compreendido entre o início da descarga e o final da mesma (s)

$T$  = intervalo de tempo entre descargas consecutivas (s). Depende do número de usos por pessoa durante o período de pico, da população atendida e do número de aparelhos sanitários disponíveis no ambiente sanitário.

Assim, para alguns tipos de aparelhos sanitários, Hunter considerou valores de  $t$  e  $T$  observados em horas de uso congestionado:

Tabela 3 – Valores de  $Pb$  - Método de Hunter

<b>Tipo de Aparelho</b>	<b>t (s)</b>	<b>T (s)</b>	<b>Pb</b>
<b>Bacia Sanitária c/ Válvula Fluxível</b>	9	300	0,03
<b>Bacia Sanitária c/ Caixa de Descarga</b>	60	300	0,2
<b>Banheira Tipo 1</b>	60	900	0,067

<b>Tipo de Aparelho</b>	<b>t (s)</b>	<b>T (s)</b>	<b>Pb</b>
<b>Banheira Tipo 2</b>	120	1800	0,067

(fonte: adaptado de GRAÇA e GONÇALVES, 1987)

Para Hunter, o uso satisfatório se dá caso menos de 1% dos aparelhos sanitários instalados estejam em uso simultâneo, assim:

$$\sum_{r=0}^m Pr^n = \sum_{r=0}^m Cr^n \cdot Pb^r \cdot (1 - Pb)^{n-r} \geq 0,99 \quad (\text{equação 5})$$

Onde:

$n$  = número de aparelhos sanitários instalados à jusante do trecho;

$m$  = número de aparelhos sanitários em uso simultâneo.

Sendo  $m$  o menor número inteiro que satisfaça as desigualdades acima.

A partir dessas determinações, Hunter determinou os pesos de cada aparelho, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de P - Método de Hunter

<b>Aparelho ou Grupo de Aparelhos</b>	<b>Natureza da edificação</b>	<b>Peça controladora do suprimento</b>	<b>Peso</b>
<b>Aparelhos Conjugados</b>	Privada	Torneira	3
<b>Bacia Sanitária</b>	Privada	Caixa de descarga	3
<b>Bacia Sanitária</b>	Privada	Válvula de Descarga	6
<b>Bacia Sanitária</b>	Pública	Caixa de descarga	5
<b>Banheira</b>	Privada	Torneira	2
<b>Banheira</b>	Pública	Torneira	4

<b>Aparelho ou Grupo de Aparelhos</b>	<b>Natureza da edificação</b>	<b>Peça controladora do suprimento</b>	<b>Peso</b>
<b>Chuveiro</b>	Privada	Válvula Misturadora	2
<b>Chuveiro</b>	Pública	Válvula Misturadora	4
<b>Chuveiro Separado</b>	Privada	Válvula Misturadora	2
<b>Despejo</b>	Escritório	Torneira	3
<b>Lavatório</b>	Pública	Torneira	1
<b>Lavatório</b>	Pública	Torneira	2
<b>Mictório Alongado</b>	Pública	Caixa de Descarga	3
<b>Mictório Alongado (de piso)</b>	Pública	Válvula de Descarga	5
<b>Mictório de Parede</b>	Pública	Válvula de Descarga	10
<b>Pia de Cozinha</b>	Hotel ou Restaurante	Torneira	4
<b>Pia de Cozinha</b>	Privada	Torneira	2
<b>Quarto de Banho</b>	Privada	Caixa para Bacia Sanitária	6
<b>Quarto de Banho</b>	Privada	Válvula para Bacia Sanitária	6
<b>Tanque</b>	Privada	Torneira	3

(fonte: adaptado de GRAÇA e GONÇALVES, 1987)

O Método de Hunter, apesar de ser muito utilizado, apresenta uma série de imprecisões, principalmente quando aplicado ao dimensionamento de sistemas mistos de aparelhos sanitários, ou seja, sistemas com válvula e aparelhos comuns. Mesmo quando aplicado em sistemas de aparelhos sanitários do mesmo tipo, o método não permite considerar as características particulares de cada edificação, como, por exemplo, o uso específico, a população atendida e a conformação dos espaços sanitários, uma vez que fixa valores para as frequências de utilização dos diversos aparelhos (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

#### 4.2.2 Método de Konen (Hunter Modificado)

O Método de Konen, desenvolvido em 1980, utiliza os mesmos princípios da metodologia de Hunter. Entretanto, através da pesquisa financiada pela American Society of Plumbing Engineers – ASPE, foram propostos novos pesos (Tabela 5) para os aparelhos sanitários. (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

Tabela 5 – Parâmetros propostos por Konen - 1980

<b>Aparelhos</b>	<b>Duração do uso (s)</b>	<b>Frequência do uso (s)</b>	<b>Usos por hora</b>	<b>Vazões (l/s)</b>	<b>Pesos</b>
<b>Bacia com válvula de descarga</b>	9	1.200	3	1,70	10,0
<b>Bacia com caixa de descarga</b>	90	1.200	3	0,19	3,5
<b>Lavatório</b>	60	1.200	3	0,13	1,0
<b>Banheira</b>	300	3.600	1	0,39	10,9
<b>Pia de Cozinha</b>	45	1.200	3	0,25	2,25

(fonte: adaptado de GRAÇA e GONÇALVES, 1987)

Os parâmetros propostos por Konen podem ser conferidos na Tabela abaixo.

Tabela 6 – Parâmetros propostos por Konen - 1984

<b>Aparelhos</b>	<b>Vazão (L/s)</b>	<b>Duração do uso t (min)</b>	<b>Frequência de uso T (min)</b>	<b>Probabilidade t/T</b>
<b>Banheira</b>	0,38	5,000	40	0,125
<b>Chuveiro</b>	0,19	6,000	40	0,150
<b>Bacia Sanitária c/ Caixa de Descarga</b>	0,19	1,250	20	0,0625
<b>Bacia Sanitária c/ Válvula Flexível</b>	1,51	0,150	20	0,0075
<b>Pia</b>	0,22	0,083	5	0,0166
<b>Lavatório</b>	0,13	0,167	10	0,0167

(fonte: adaptado de GRAÇA e GONÇALVES, 1987)

Para a determinação da vazão, foram propostas as seguintes expressões:

- a) para sistemas prediais com bacias sanitárias alimentadas por caixas de descarga:

$$10 < SP < 10.000 \quad (\text{equação 6})$$

$$Qp = \frac{1}{15,85} \cdot (3,54 \cdot 10^{-10} \cdot SP^3 - 1,155 \cdot 10^{-5} \cdot SP^2 + 0,1263 \cdot SP + 10,9 \dots) \quad (\text{equação 7})$$

- b) Para sistemas prediais com bacias sanitárias alimentadas por válvulas fluxíveis:

$$5 < SP < 1.000 \quad (\text{equação 8})$$

$$Qp = \frac{1}{15,85} \cdot (15 + 11,5 \cdot \log SP + 8,5 \cdot \log^2 SP) \quad (\text{equação 9})$$

Onde:

$Qp$  = vazão de projeto (l/s);

$SP$  = soma dos pesos de todos os aparelhos sanitários a jusante do trecho considerado.

As proposições de Konen procuram estabelecer parâmetros mais adequados ao Método de Hunter, em relação a dados experimentais. Entretanto, não apresenta contribuições ao nível teórico, de 1940, desenvolvido por Roy B. Hunter. (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

### 4.2.3 Método Aberto - Gonçalves

Segundo Gonçalves (1986), a ocorrência de vazões em um sistema predial de distribuição de água depende da interação entre o usuário e o sistema de equipamentos sanitários, nos pontos de utilização, conforme os seguintes fatores: atividades dos usuários, função do tipo de edifício – habitação, escola, hotel etc. –, e das características dos usuários, determinadas por aspectos fisiológicos, regionais, culturais, sociais e climáticos; características do edifício, função da população – quantidade e distribuição – e da organização espacial; características do conjunto de aparelhos sanitários, função dos tipos de aparelho e do número de aparelhos sanitários. Para o autor, os outros métodos não representam a melhor forma de análise, por serem muito simplistas, uma vez que não consideram as características citadas anteriormente, portanto, Gonçalves propôs um modelo aberto a fim de suprir essas falhas dos outros métodos, como aquele presente na Norma NBR 8160 de 1999 - “Sistemas prediais de esgoto sanitário”, nomeado nela como “Método Hidráulico”, o qual será descrito a seguir.

Por se tratar de esgotamento sanitário, o método refere-se às partes constituintes desse sistema como, por exemplo, tubo de queda, em vez de coluna de água fria. No entanto, como o objetivo é sistema de água fria, as expressões foram tratadas genericamente, a fim de sua aplicação ser ampliada a qualquer um dos sistemas.

Para a determinação da vazão de projeto:

$$Q_p = \sum_{i=1}^k (m_i \cdot q_i) \quad (\text{equação 10})$$

Onde:

$k$  = 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 unitária do aparelho ( $l/s$ ).

Neste somatório,  $mi$  é obtido em um conjunto de tabelas presentes na NBR 8160 (ABNT, 1999), as quais foram elaboradas através da aplicação da distribuição binomial de probabilidades. O somatório depende da falha determinada, e do intervalo de tempo entre descargas consecutivas. Seguindo a falha de 5% recomendada por Gonçalves, estão apresentadas no Anexo A as tabelas com apenas esse percentual.

Vale ressaltar que, uma vez utilizado esse método para dimensionamento de água fria, a vazão unitária da bacia sanitária deve ser a correspondente. No Anexo B pode ser conferida a tabela de vazão unitária para alguns aparelhos, conforme a Norma NBR 5626 (ABNT, 1998).

#### 4.2.4 Dados Comuns a Todos os Métodos

Comumente a todos os métodos, tem-se a determinação da velocidade e também da pressão residual, a fim de garantir a proteção da tubulação e o funcionamento adequado do sistema.

Calcula-se a velocidade da tubulação em cada trecho através da equação 11:

$$V = \frac{\left(\frac{Qp}{1000}\right)}{\pi * \left(\frac{D}{1000}\right)^2} \quad (\text{equação 11})$$

Onde:

$V$  = velocidade da tubulação, em  $m/s$ ;

$D$  = diâmetro interno do fabricante, em  $mm$ ;

$qp$  = vazão de projeto ( $l/s$ ).

Para que a tubulação seja segura quanto à velocidade, esse dado precisa ser inferior à  $3m/s$  e também satisfazer a condição da equação (12), conforme NBR 5626 de 1998.



$$V < 14 * D^{0,5} \quad (\text{equação 12})$$

Onde:

$D$  = diâmetro interno da tubulação, em metros;

A perda de carga unitária da tubulação deve ser calculada através da equação 13 para tubos rugosos (aço carbono) e da equação 14 para tubos lisos (plástico, cobre ou liga de cobre), conforme NBR 5626, de 1998.

$$J = 20,2 * 10^6 * Q^{1,88} * d^{-4,88} \quad (\text{equação 13})$$

$$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * d^{-4,75} \quad (\text{equação 14})$$

Onde:

$J$  = perda de carga unitária, em  $kPa/m$ ;

$Q$  = vazão de projeto para determinado trecho, em  $l/s$ ;

$D$  = diâmetro interno do fabricante, em  $mm$ ;

Para o hidrômetro, conforme a NBR 5625, a perda de carga foi calculada como:

$$\Delta h = (36 * Q)^2 * (Q_{m\acute{a}x})^{-2} \quad (\text{equação 15})$$

Onde:

$\Delta h$  = perda de carga no hidrômetro, em *kPa*;

$Q$  = vazão estimada na seção considerada, em *l/s*;

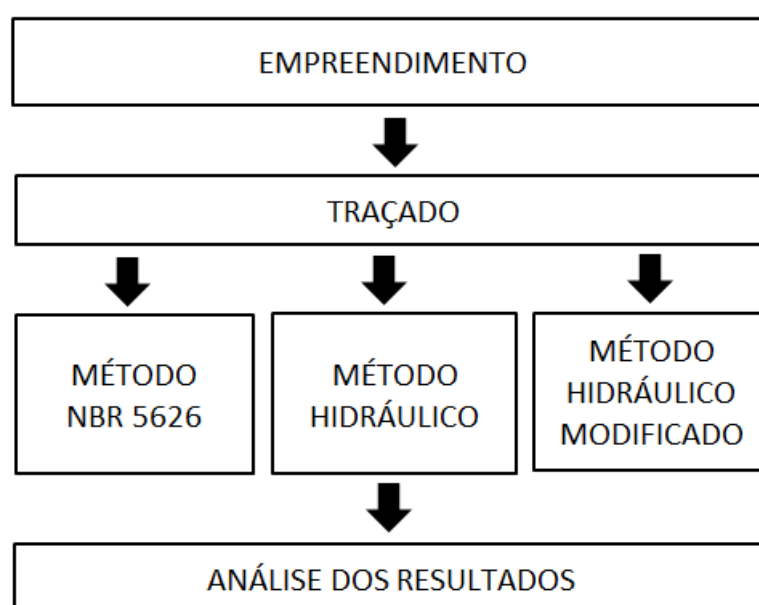
$Q_{m\acute{a}x}$  = vazão máxima especificada para o hidrômetro, em  $m^3/h$ , conforme Tabela A.2.4 da Norma NBR 5626 de 1998, a qual pode ser conferida no Anexo B.

A fim de garantir a adequada pressão em condições dinâmicas, a pressão da água nos pontos de utilização deve ser superior a 10 kPa, com exceção da caixa e da válvula de descarga, nas quais os limites mínimos são 5 e 15 kPa, respectivamente. Em qualquer ponto da tubulação de distribuição, a pressão em qualquer ponto de utilização deve ser inferior a 400 kPa.

## 5 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho é constituída pelo dimensionamento de um sistema predial de água fria através da aplicação de três métodos, conforme apresenta a Figura 2. Nesse estudo, foram considerados os barriletes, as colunas de água fria (CAF), os ramais e também os sub-ramais de uma edificação hipotética com características usualmente encontradas da cidade de Porto Alegre, a qual será detalhada no próximo capítulo.

Figura 2 – Diagrama esquemático da metodologia do estudo



(fonte: própria da autora)

Os métodos apresentados no capítulo anterior possuem inúmeras diferenças, não só quanto à base teórica, mas também quanto à complexidade. Quando se trata de uma edificação que possui SMI, o projetista necessita atentar-se à determinação da vazão, a fim de dimensionar a tubulação e o hidrômetro adequadamente. O método determinístico apresentado na norma certamente não representa esse sistema corretamente, uma vez que foram determinados a partir de experiências em épocas nas quais a medição individualizada ainda não existia. O método aberto proposto por Gonçalves, apresentado também na norma NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução, apesar de complexo, representa mais adequadamente esse sistema, portanto, foi o método probabilístico utilizado nesse estudo.

Para a complementação do estudo, testou-se um método alternativo, no qual foi levado em consideração o fato de que raramente o chuveiro, lavatório e bacia sanitária serão utilizados simultaneamente. O Método Hidráulico Modificado, determinado pela autora, será descrito abaixo.

## 5.1 MÉTODO HIDRÁULICO MODIFICADO

### 5.1.1 Vazão de Projeto

Após a determinação do traçado, a tubulação deverá ser dividida em barrilete, colunas de água fria (CAF), ramais e sub-ramais, e também em trechos, nos quais a vazão necessária é alterada.

Assim como o Método Hidráulico, a determinação da vazão de projeto pelo Método Hidráulico Modificado é realizada através da equação 16:

$$Q_p = \sum_{i=1}^k (m_i \cdot q_i) \quad (\text{equação 16})$$

Onde:

$k$  = número de tipos de aparelhos sanitários com maior peso por ambiente;

$m_i$  = número de aparelhos sanitários, do tipo  $i$ , a serem considerados em uso simultâneo;

$q_i$  = vazão unitária do aparelho ( $l/s$ ).

Neste método, para a determinação do número “ $m$ ”, é levado em consideração apenas um aparelho por área, sendo elas: área de serviço, cozinha e banheiro. Essa determinação é realizada de maneira distinta para barriletes e CAF’s e para ramais e sub-ramais.

Para barriletes e colunas de água fria, deve-se considerar como em uso simultâneo 20% dos aparelhos totais que serão alimentados por aquele trecho. Levando em consideração a tabela

do Método Hidráulico com falha de 5% para intervalo médio entre descargas de 60 min e também o fato de que os prédios residenciais mais novos geralmente possuem mais de 20 apartamentos, foi determinada a porcentagem do número de aparelhos que são consideradas para cada duração da descarga, conforme Tabela 7. É possível observar que, para um n entre 20 e 50, considerando um aparelho com 300 segundos de duração de descarga, a porcentagem de aparelhos considerados estão entre 16 e 20%, sendo selecionado o maior entre esses valores. Caso a resultante dessa porcentagem seja um número quebrado, deve-se sempre arredondar para cima.

Tabela 7 – Porcentagem de aparelhos considerados em uso simultâneo, conforme tabela presente no Método Hidráulico para determinação do número de aparelhos a serem considerados em uso simultâneo no Método Hidráulico Modificado

<u>n</u>	<u>Intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas = 60 min</u>											
	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	<u>75</u>	<u>100</u>	<u>300</u>	<u>350</u>	<u>400</u>	<u>450</u>	<u>500</u>
<u>1</u>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<u>2</u>	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<u>3</u>	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	67%
<u>4</u>	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	50%	50%	50%
<u>5</u>	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	40%	40%	40%	40%	40%
<u>6</u>	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	33%	33%	33%	33%	33%
<u>7</u>	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	29%	29%	29%	29%	43%
<u>8</u>	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	25%	25%	25%	38%	38%
<u>9</u>	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	22%	22%	33%	33%	33%
<u>10</u>	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%	30%	30%	30%	30%
<u>11</u>	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	27%	27%	27%	27%	36%
<u>12</u>	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	25%	25%	25%	33%	33%
<u>13</u>	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	23%	23%	23%	31%	31%
<u>14</u>	7%	7%	7%	7%	7%	7%	14%	21%	14%	29%	29%	29%
<u>15</u>	7%	7%	7%	7%	7%	7%	13%	20%	27%	27%	27%	27%
<u>16</u>	6%	6%	6%	6%	6%	6%	13%	19%	25%	25%	25%	31%
<u>17</u>	6%	6%	6%	6%	6%	6%	12%	18%	24%	24%	29%	29%
<u>18</u>	6%	6%	6%	6%	6%	11%	11%	22%	22%	22%	28%	28%
<u>19</u>	5%	5%	5%	5%	5%	11%	11%	21%	21%	26%	26%	26%
<u>20</u>	5%	5%	5%	5%	5%	10%	10%	20%	20%	25%	25%	25%
<u>25</u>	4%	4%	4%	4%	4%	8%	8%	20%	20%	24%	24%	24%
<u>30</u>	3%	3%	3%	3%	7%	7%	7%	17%	20%	20%	23%	23%
<u>35</u>	3%	3%	3%	6%	6%	6%	9%	17%	17%	20%	23%	23%
<u>40</u>	3%	3%	3%	5%	5%	8%	8%	15%	18%	20%	23%	23%
<u>45</u>	2%	2%	4%	4%	4%	7%	7%	16%	18%	20%	20%	22%
<u>50</u>	2%	2%	4%	4%	4%	6%	6%	16%	16%	18%	20%	22%

(fonte: própria da autora)

Para ambientes que possuem mais de um aparelho, escolhe-se aquele que possui a maior vazão unitária. Exceção no banheiro onde, apesar do vaso sanitário possuir maior vazão unitária, o chuveiro possui maior tempo de duração da descarga. A Tabela 8 resume os aparelhos a serem considerados para determinação do parâmetro  $m$  em função do ambiente.

Tabela 8 – Aparelhos a serem considerados para barrilete e CAF's

<b>Ambiente</b>	<b>Aparelho</b>	<b>Vazão Unitária (L/s)</b>
<b>Cozinha</b>	Pia	0,10
<b>Área de Serviço</b>	Tanque	0,25
<b>Banheiro</b>	Chuveiro	0,10
<b>Lavabo</b>	Lavatório	0,15

(fonte: própria da autora)

Para a determinação do parâmetro  $m$  quando de ramais e sub-ramais, é levado em consideração apenas o peso do aparelho com maior vazão unitária dentro do ambiente. Estes podem ser conferidos na Tabela 9.

Tabela 9 – Aparelhos a serem considerados para ramais e sub-ramais

<b>Ambiente</b>	<b>Aparelho</b>	<b>Vazão Unitária (L/s)</b>
<b>Cozinha</b>	Pia	0,10
<b>Área de Serviço</b>	Tanque	0,25
<b>Banheiro</b>	Lavatório	0,15
<b>Lavabo</b>	Lavatório	0,15

(fonte: própria da autora)

### 5.1.4 Procedimento Tabela

Para o dimensionamento conforme o Método Hidráulico modificado recomenda-se a utilização da Tabela 10. Abaixo será descrito o passo-a-passo para completá-la, sendo as colunas representadas pelos números entre parênteses.

- (1) e (2) devem ser distribuídos todos os trechos do barrilete, CAF's, ramais e sub-ramais;
- (3) número de aparelhos a serem considerados como uso simultâneo, conforme explicado anteriormente;

- (4) vazões unitárias de cada aparelho;
- (5) vazão de projeto conforme a equação 15;
- (6) diâmetro calculado;
- (7) diâmetro interno conforme o fabricante, o qual será utilizado para os cálculos;
- (8) velocidade na tubulação calculada através da equação 11, sendo que esse dado deve satisfazer as condições da equação 12;
- (9) perda de carga unitária, conforme as equações 13 e 14;
- (10) diferença de cotas entre o início e o fim do trecho;
- (11) pressão disponível no início daquele trecho, sendo essa o somatório da pressão residual disponível do trecho anterior (16) com a diferença de cotas (10) daquele trecho multiplicada por 10, transformando em kPa;
- (12) comprimento real da tubulação naquele trecho;
- (13) somatório do comprimento equivalente de todas as conexões daquele trecho, conforme tabelas A.1 e A.2 do anexo B;
- (14) somatório de (12) e (13);
- (15) perda de carga total, multiplicando-se (9) por (14) e somando a perda de carga relacionada ao hidrômetro;
- (16) pressão disponível residual, obtida diminuindo a perda de carga total (15) da pressão disponível daquele trecho (11);
- (17) Pressão requerida no trecho, conforme item 4.2.4;
- (18) Verificação entre (17) e (15).

Caso a velocidade e/ou a pressão não estejam dentro dos limites, o diâmetro interno da tubulação deve ser aumentado. A análise deve ser feita trecho a trecho.

Tabela 10 – Método Hidráulico Modificado

Barrilete coluna ramal	Trecho	m			qi			Q	D calc	D interno Fabric	V	J	Diferença de cotas	Pressão disp.	Comprimentos			Perda de Carga Total	Pressão disponível residual	Pressão requerida	Atende pressão dinâmica mínima?	
													Sobe (-)		Real	Equiv.	Total					
		Tq	Pia	...	Tq	Pia	...						Desce (+)									
							(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(kPa/m)	(m)	(kPa)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)			
(1)	(2)	(3)			(4)			(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	



## 6 EMPREENDIMENTO E TRAÇADO

O empreendimento escolhido para análise é um edifício hipotético, com características de padrão médio comumente observadas na cidade de Porto Alegre. A edificação conta com sistema indireto de abastecimento de água fria e possui cinco pavimentos e quatro apartamentos populares em cada andar. Os apartamentos são idênticos e espelhados, com os seguintes cômodos:

- 1 cozinha com uma pia;
- 1 área de serviço com um tanque;
- 2 quartos;
- 1 sala;
- 1 banheiro com pia, bacia sanitária e chuveiro elétrico.

O traçado da distribuição de água fria consiste em um barrilete partindo do reservatório superior, ramificando-se em quatro colunas de distribuição, uma para cada apartamento do pavimento, dentro do shaft localizado no hall. Na altura de 1 metro, dotou-se da ramificação que adentra o apartamento, na qual se reserva espaço para a colocação do hidrômetro. Na Tabela 11 é possível conferir as alturas de utilização de cada aparelho. Há dois registros de esfera no apartamento, o registro geral situado na cozinha, e o registro do banheiro, situado no box.

Tabela 11 – Altura de utilização dos aparelhos sanitários

<b>Aparelho</b>	<b>Altura (cm)</b>
<b>Tanque</b>	90
<b>Pia Cozinha</b>	100
<b>Bacia Sanitária c/ Caixa de Descarga</b>	20
<b>Chuveiro</b>	200

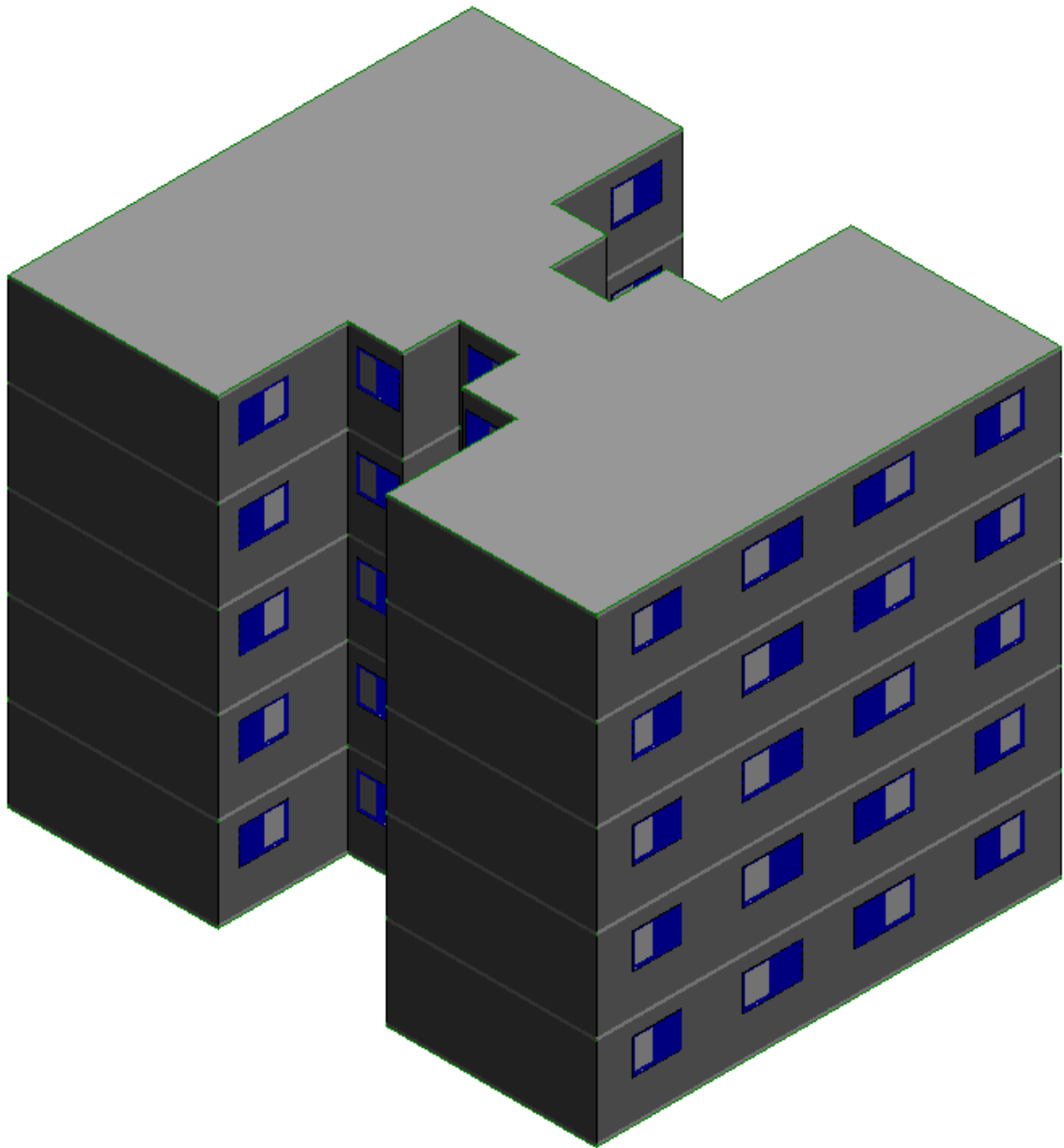
---

Aparelho	Altura (cm)
Lavatório	60

---

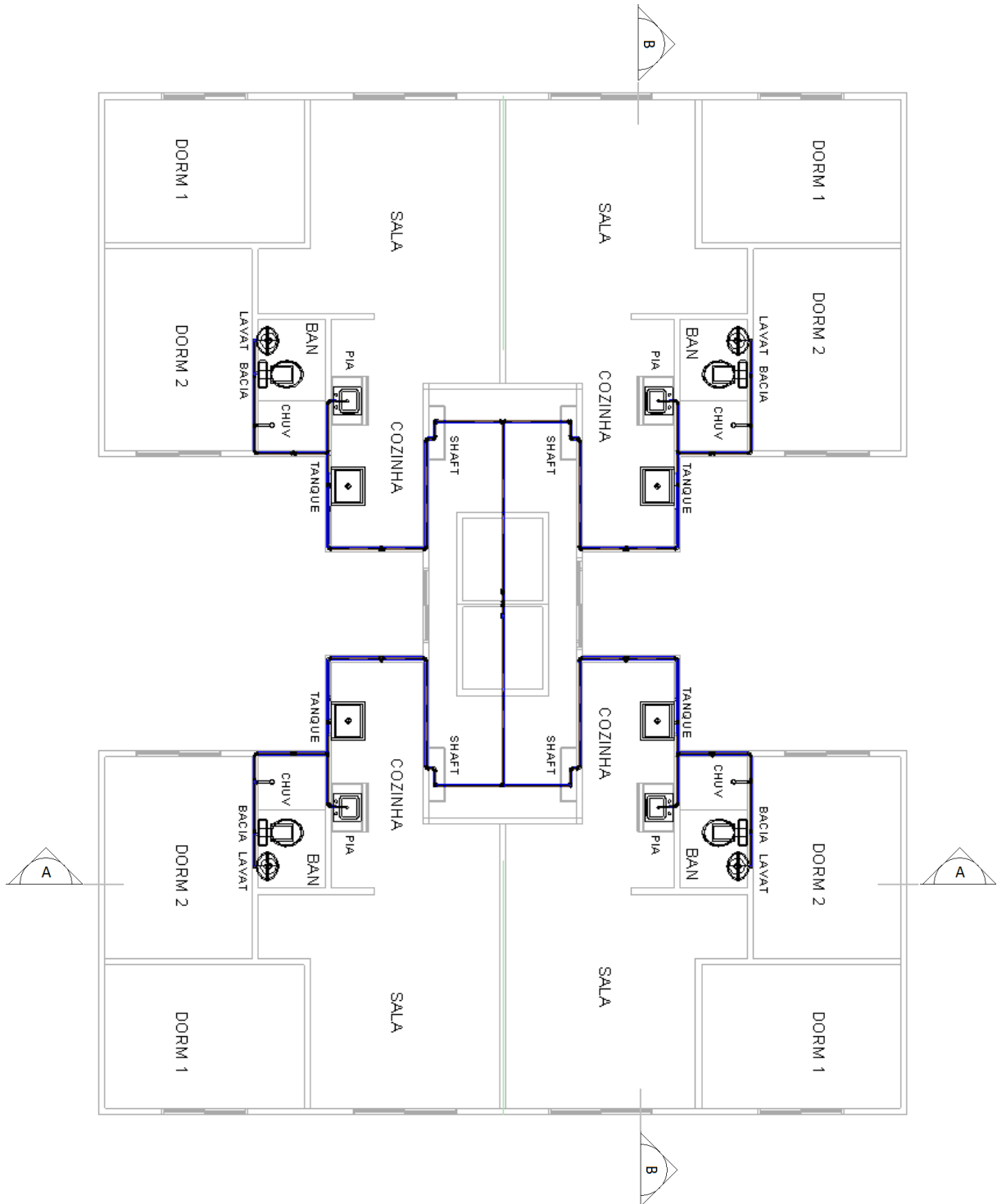
(fonte: própria da autora)

Figura 3 – Vista 3D do empreendimento estudado



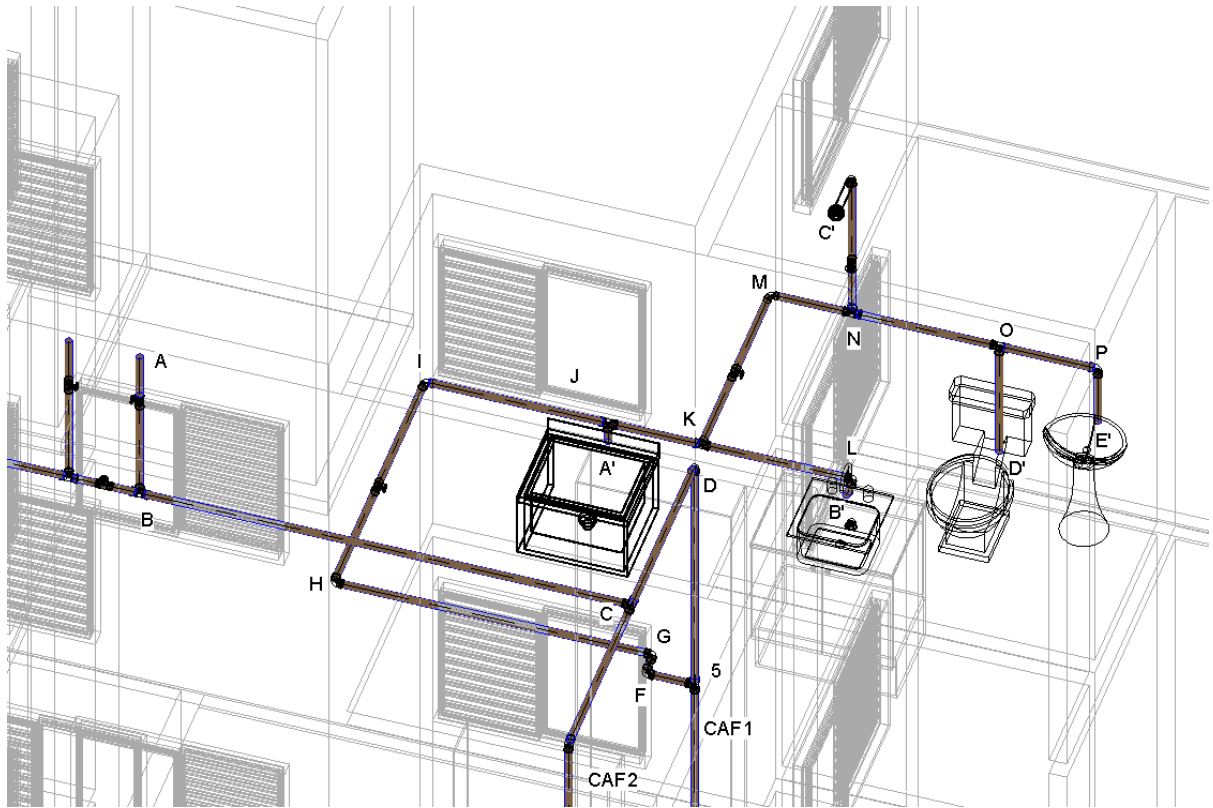
(fonte: própria da autora)

Figura 4 – Planta baixa do pavimento tipo com traçado



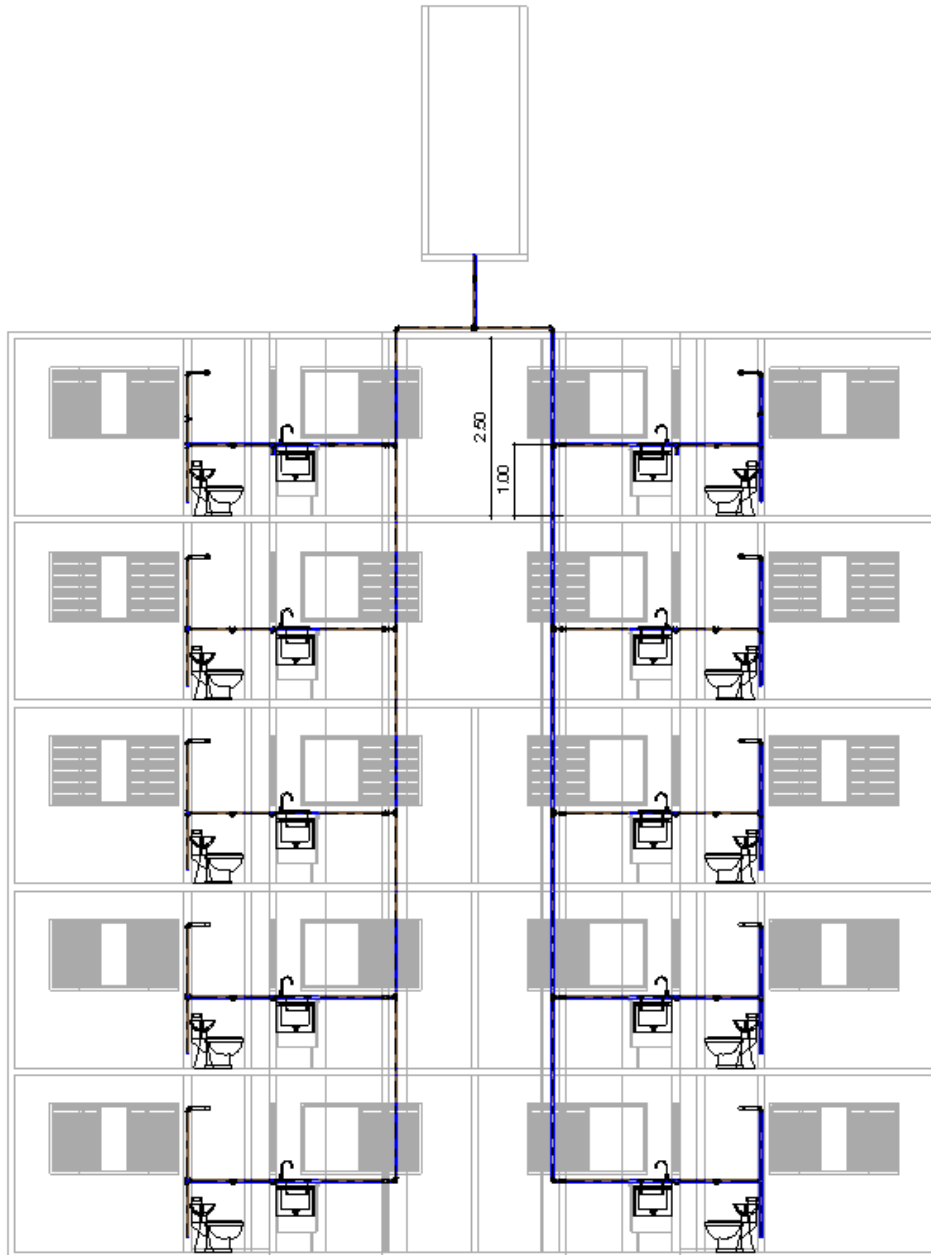
(fonte: própria da autora)

Figura 5 – Vista 3D do traçado



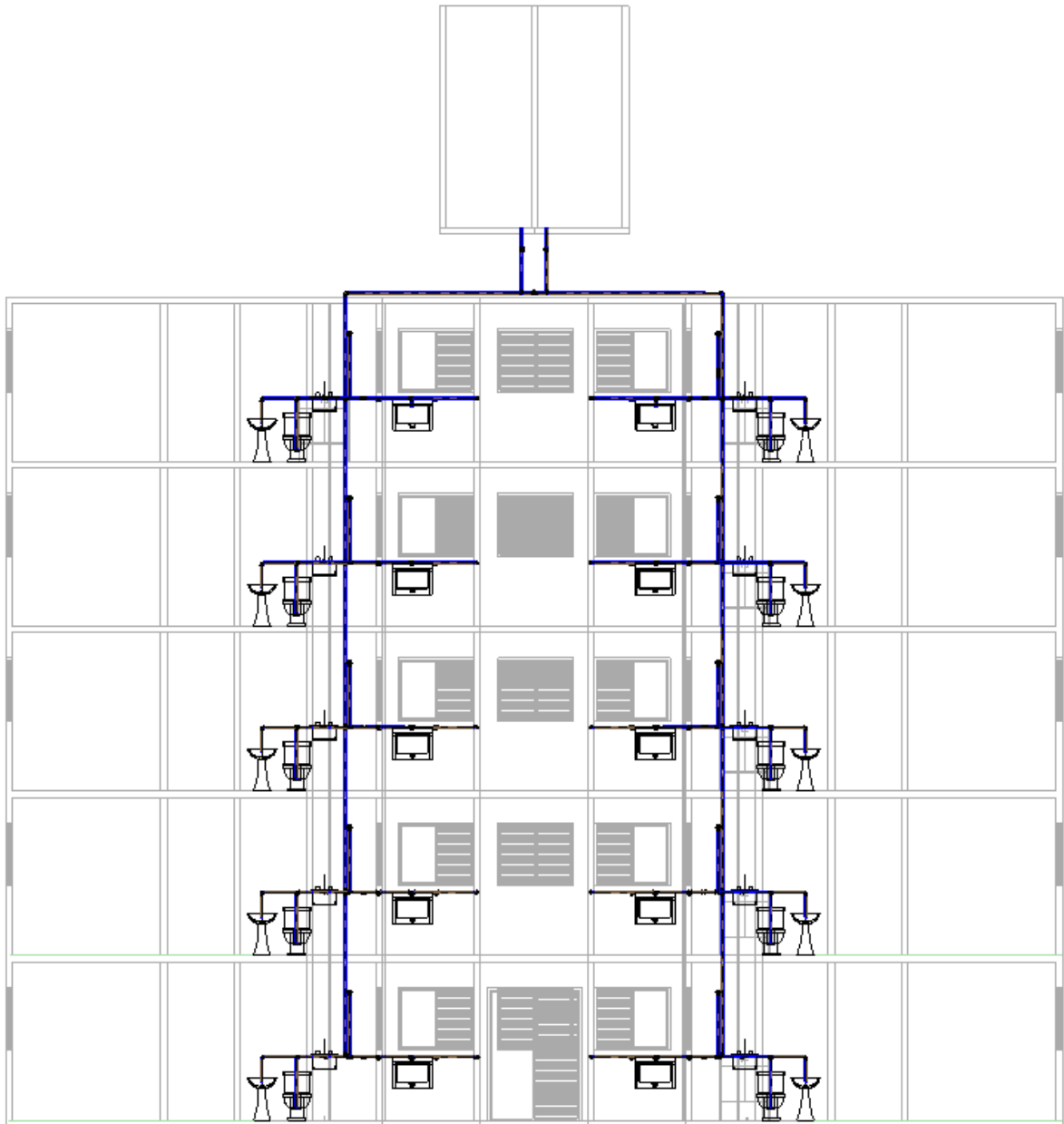
(fonte: própria da autora)

Figura 6 – Corte A-A do empreendimento



(fonte: própria da autora)

Figura 7 – Corte B-B do empreendimento



(fonte: própria da autora)

## 7 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados de dimensionamento de instalação de água fria predial obtidos pela aplicação dos três métodos distintos, considerando a mesma edificação e o mesmo traçado da tubulação. Os dados a serem mostrados nesse item restringem-se à vazão, diâmetro, velocidade e pressão disponível residual correspondentes aos ramais do último pavimento e também do térreo. Assim, é possível evidenciar a necessidade do aumento do diâmetro por falta de pressão disponível em andares mais altos e também por velocidade excessiva em níveis inferiores, uma vez que a carga hidráulica é acentuada e a tubulação deve ser protegida.

### 7.1 MÉTODO NBR

O dimensionamento foi realizado segundo a Norma NBR 5626 (ABNT, 1998), através da Máxima Vazão Provável. Os resultados de vazão, velocidade e diâmetro da tubulação podem ser consultados na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados obtidos com a aplicação do método indicado pela NBR 5626, de 1998

PAVIMENTO	COMPOSIÇÃO	Trecho	Vazão	DN	Velocidade	Pressão disponível residual
			(l/s)	Fabricante		
5	BARRILETE	AB	1,64	40	1,69	53,67
		BC	1,16	32	1,91	42,15
		CD	0,82	32	1,35	56,65
	CAF	D-5	0,82	32	1,35	66,87
		5-4	0,73	25	2,01	80,32
		4-3	0,64	25	1,74	95,30
		3-2	0,52	25	1,42	113,57
		2-1	0,37	25	1,00	135,35
		E-J	0,37	25	1,00	56,00
		J-K	0,27	20	1,18	52,33
	RAMAL	K-L	0,09	20	0,42	52,05
		K-N	0,25	20	1,11	47,76
		N-O	0,23	20	1,02	44,61
	SUB-RAMAL	O-P	0,16	20	0,72	44,06
		J-A'	0,25	20	1,11	44,29
		L-B'	0,09	20	0,42	44,27
		N-C'	0,16	20	0,72	29,79
O-D'		0,16	20	0,72	37,05	

PAVIMENTO	COMPOSIÇÃO	Trecho	Vazão	DN	Velocidade	Pressão disponível residual
			(l/s)	Fabricante		
1	RAMAL	P-E	0,16	20	0,72	40,52
		E-J	0,37	25	1,00	128,06
		J-K	0,27	20	1,18	124,39
		K-L	0,09	20	0,42	124,11
		K-N	0,25	20	1,11	119,81
		N-O	0,23	20	1,02	116,66
	SUB-RAMAL	O-P	0,16	20	0,72	116,12
		J-A'	0,25	20	1,11	116,35
		L-B'	0,09	20	0,42	116,33
		N-C'	0,16	20	0,72	101,85
		O-D'	0,16	20	0,72	109,11
		P-E'	0,16	20	0,72	112,58

(fonte: própria da autora)

### 7.3 MÉTODO HIDRÁULICO

Dimensionamento realizado segundo o Método Hidráulico fornecido pela norma NBR 8160 (ABNT, 1999). Os resultados de vazão, velocidade e diâmetro da tubulação podem ser consultados na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados obtidos com a aplicação do Método Hidráulico

PAVIMENTO	COMPOSIÇÃO	Trecho	Vazão	DN	Velocidade	Pressão disponível residual	
			(l/s)	Fabricante			(mm)
-	BARRILETE	AB	2,20	40	2,26	48,00	
		BC	1,30	40	1,34	41,76	
		CD	1,20	32	1,98	54,37	
	CAF	D-5	1,20	32	1,98	59,62	
		5-4	0,85	32	1,40	79,38	
		4-3	0,85	32	1,40	98,51	
		3-2	0,75	25	2,05	109,82	
		2-1	0,75	25	2,05	121,13	
		E-J	0,75	25	2,05	32,37	
	5	RAMAL	J-K	0,50	25	1,36	28,04
			K-L	0,10	20	0,44	27,73
			K-N	0,40	25	1,09	24,62
		SUB-RAMAL	N-O	0,30	20	1,32	19,70
			O-P	0,15	20	0,66	19,23
			J-A'	0,25	20	1,10	19,47
		L-B'	0,10	20	0,44	19,44	



PAVIMENTO	COMPOSIÇÃO	Trecho	Vazão	DN	Velocidade	Pressão disponível residual
			(l/s)	Fabricante		
1	RAMAL	N-C'	0,10	20	0,44	7,21
		O-D'	0,15	20	0,66	14,58
		P-E'	0,15	20	0,66	18,13
		E-J	0,75	25	2,05	89,30
		J-K	0,50	25	1,36	84,97
		K-L	0,10	20	0,44	84,66
		K-N	0,40	20	1,76	74,96
		N-O	0,30	20	1,32	70,04
		O-P	0,15	20	0,66	69,57
	SUB-RAMAL	J-A'	0,25	20	1,10	69,81
		L-B'	0,10	20	0,44	69,78
		N-C'	0,10	20	0,44	57,90
		O-D'	0,15	20	0,66	65,28
		P-E'	0,15	20	0,66	68,83

(fonte: própria da autora)

## 7.4 MÉTODO HIDRÁULICO MODIFICADO

Dimensionamento realizado conforme o Método Hidráulico Modificado, como descrito no item 5.1. Os resultados de vazão, velocidade e diâmetro da tubulação podem ser consultados na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultados obtidos com a aplicação do Método Hidráulico Modificado

PAVIMENTO	COMPOSIÇÃO	Trecho	Vazão	DN	Velocidade	Pressão disponível residual	
			(l/s)	Fabricante			(mm)
-	BARRILETE	AB	1,80	40	1,85	52,20	
		BC	0,90	32	1,48	44,83	
		CD	0,45	32	0,74	60,63	
	CAF	D-5	0,45	25	1,23	71,50	
		5-4	0,45	25	1,23	92,18	
		4-3	0,45	25	1,23	112,17	
		3-2	0,45	25	1,23	132,16	
		2-1	0,45	25	1,23	152,16	
		E-J	0,50	25	1,36	55,75	
	5	RAMAL	J-K	0,25	20	1,10	52,51
			K-L	0,10	20	0,44	52,20
			K-N	0,15	20	0,66	50,46
N-O			0,15	20	0,66	49,00	
SUB-RAMAL		O-P	0,15	20	0,66	48,53	

PAVIMENTO	COMPOSIÇÃO	Trecho	Vazão	DN	Velocidade	Pressão disponível residual
			(l/s)	Fabricante		
1	RAMAL	J-A'	0,25	20	1,10	48,76
		L-B'	0,10	20	0,44	48,74
		N-C'	0,10	20	0,44	36,86
		O-D'	0,15	20	0,66	44,23
		P-E'	0,15	20	0,66	47,78
		E-J	0,50	25	1,36	136,41
		J-K	0,25	20	1,10	133,17
		K-L	0,10	20	0,44	132,86
		K-N	0,15	20	0,66	131,11
		N-O	0,15	20	0,66	129,65
	O-P	0,15	20	0,66	129,19	
	SUB-RAMAL	J-A'	0,25	20	1,10	129,42
		L-B'	0,10	20	0,44	129,39
		N-C'	0,10	20	0,44	117,52
		O-D'	0,15	20	0,66	124,89
		P-E'	0,15	20	0,66	128,44

(fonte: própria da autora)

## 8 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

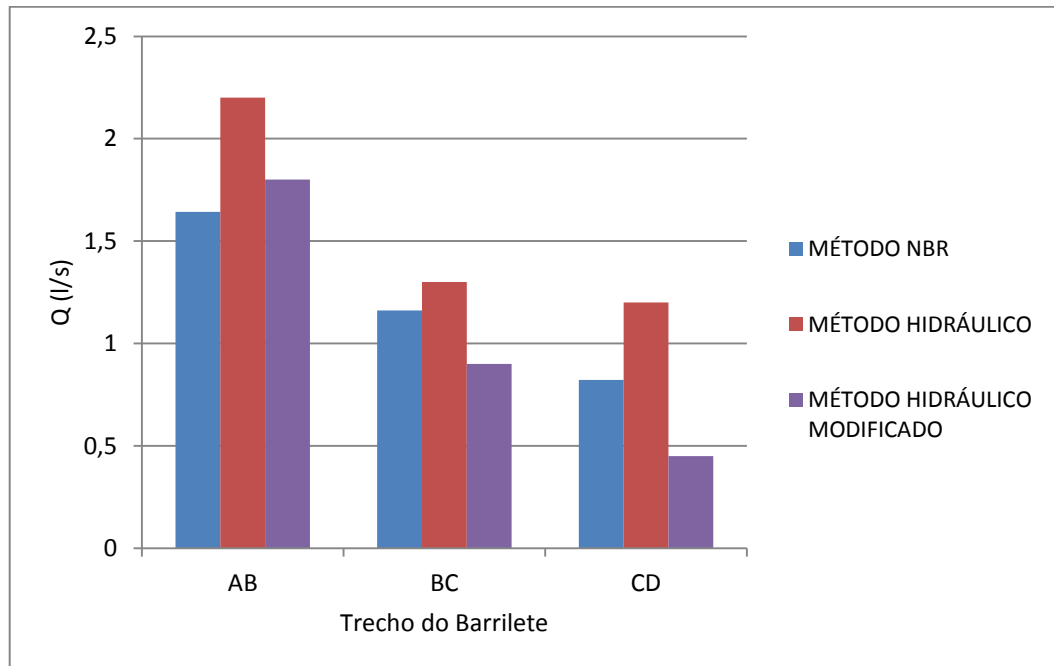
Analisando inicialmente a teoria de cada método apresentado, observa-se que, aparentemente, o Método Hidráulico proporciona uma melhor adaptabilidade frente àquele indicado pela norma, uma vez que considera a frequência de utilização de cada aparelho. Apesar da maior complexidade teórica, o seu dimensionamento apresenta-se mais simples, pelo fato de não ser necessário os cálculos da somatória dos pesos dos aparelhos. Sem a necessidade da utilização de tabelas, o MHM proporciona ainda mais facilidade ao dimensionamento, portanto, é o método mais simples e rápido.

Abaixo podem ser conferidos os comparativos entre os três métodos estudados nos dados de vazão, velocidade e diâmetro nominal de cada trecho.

### 8.1 VAZÃO

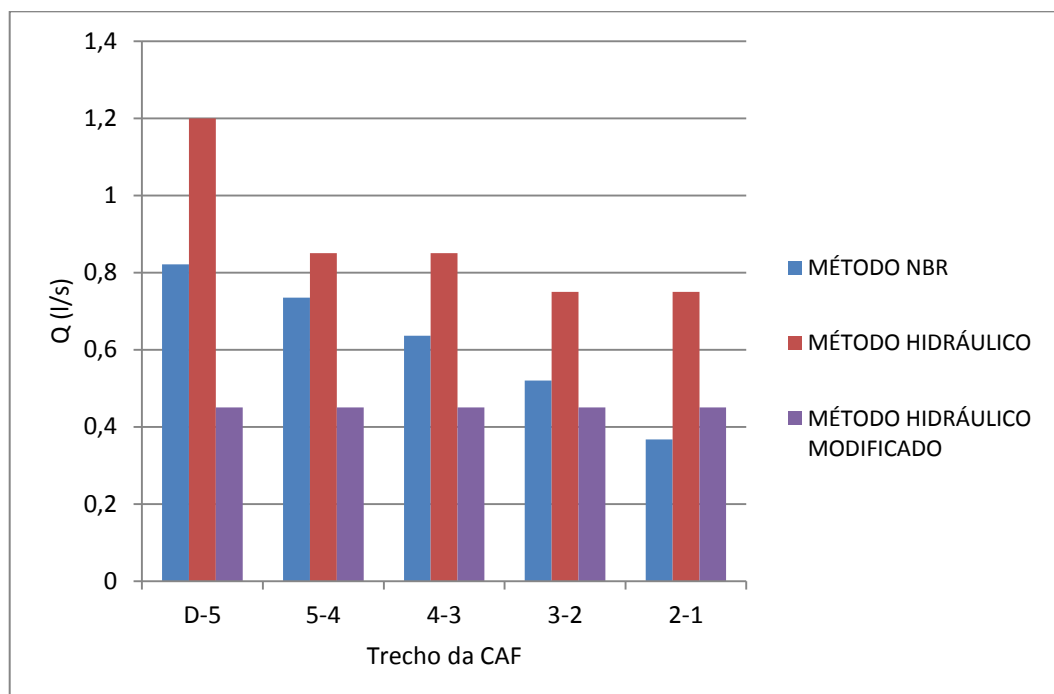
Analisando os dados de vazão obtidos, verificou-se que, no geral, o MHM obteve os menores valores na maioria dos trechos, enquanto o Método Hidráulico forneceu as maiores vazões relacionando os três métodos. Deve-se destacar que, no MHM, como o resultado de 20% do número de aparelhos do mesmo tipo em todos os trechos da CAF é igual (pois o prédio possui 5 pavimentos), as vazões também foram as mesmas. De todo modo, é importante observar que os trechos das colunas de água fria dos dois últimos pavimentos, trechos D-5 e 5-4, possuem uma vazão pelo método MHM praticamente igual à metade da obtida pelo método indicado pela norma. Com relação aos trechos internos dos apartamentos, é possível observar resultados variados, sendo o Método Hidráulico aquele que obteve as maiores vazões nos ramais. No trecho E-J, o qual se localizaria o hidrômetro, o método recomendado pela NBR obteve o menor resultado de vazão. Comparando-se os dois métodos que obtiveram os menores valores de vazão, o método aconselhado pela norma e o MHM, pode-se observar que com o primeiro método são obtidas vazões maiores em 73% dos trechos. Os gráficos de comparação das vazões podem ser conferidos nas Figuras 8, 9 e 10.

Figura 8 – Comparativo das vazões no barrilete



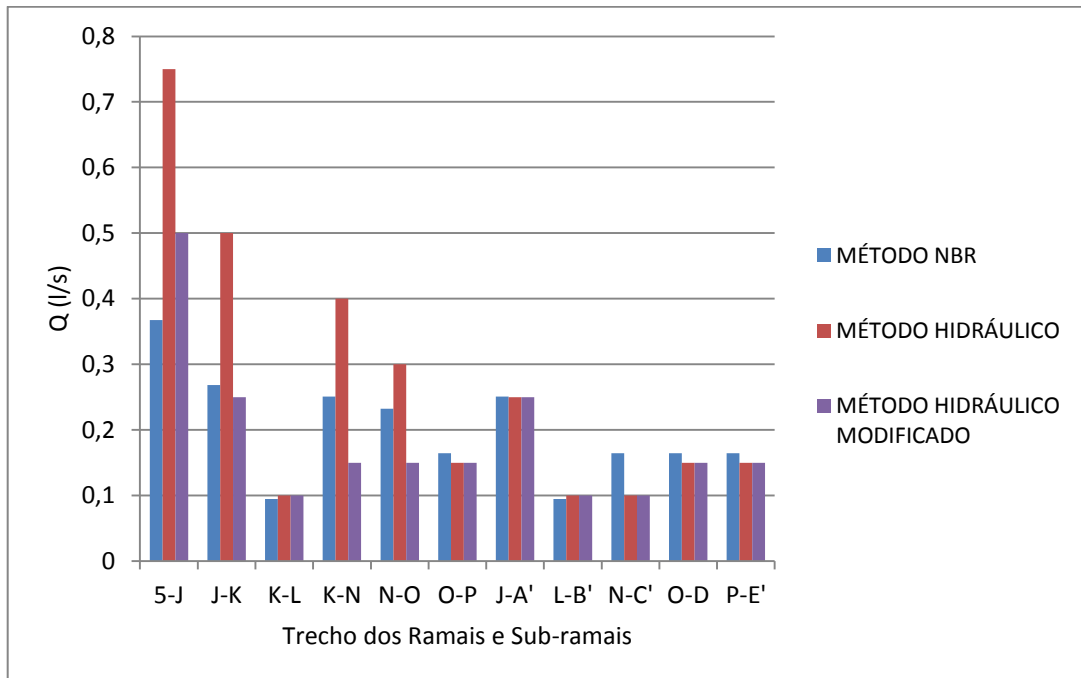
(fonte: própria da autora)

Figura 9 – Comparativo das vazões nas colunas de água fria



(fonte: própria da autora)

Figura 10 – Comparativo das vazões nos ramais e sub-ramais

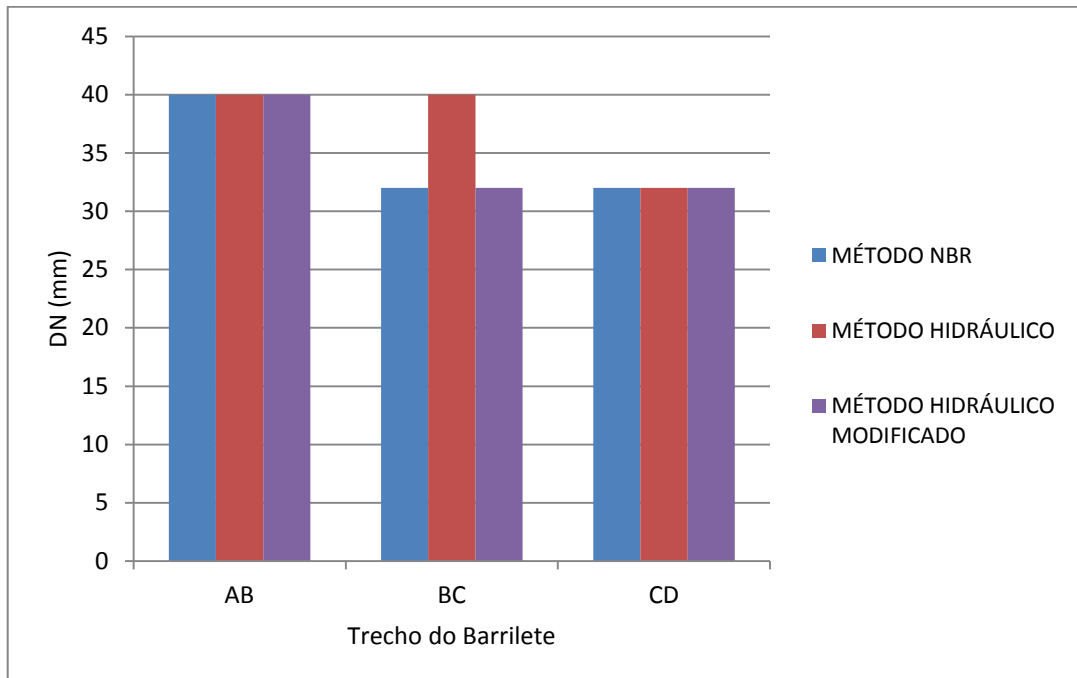


(fonte: própria da autora)

## 8.2 DIÂMETROS DAS TUBULAÇÕES

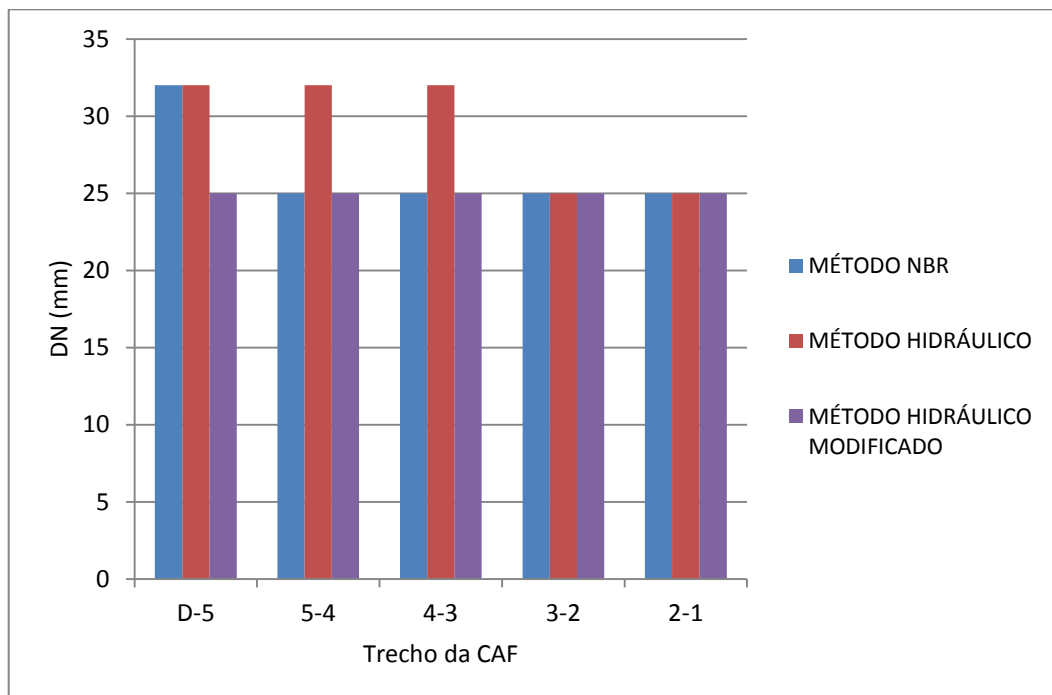
Analisando os resultados de diâmetros nominais das tubulações entre os métodos aplicados, observa-se que os resultados foram bem semelhantes. Com relação ao barrilete e as colunas de água fria, o método recomendado pela norma e o Método Hidráulico Modificado obtiveram os mesmos diâmetros, com exceção apenas no trecho D-5, localizado no pavimento superior, no qual o MHM obteve a menor dimensão. Nos ramais e sub-ramais, o MH destoou-se dos outros dois métodos, os quais forneceram os mesmos resultados de diâmetros nominais, incluindo o trecho E-J do ramal, no qual se localizaria o hidrômetro. Apesar da vazão encontrada nos trechos de ramal pelo MHM terem sido menores em relação aos outros dois métodos, como o diâmetro mínimo exigido pela norma é de 20 mm, as diferenças não puderam ser notadas nesse caso. Nas Figuras 11, 12 e 13 podem ser conferidos os resultados para cada método.

Figura 11 – Comparativo dos diâmetros nominais no barrilete



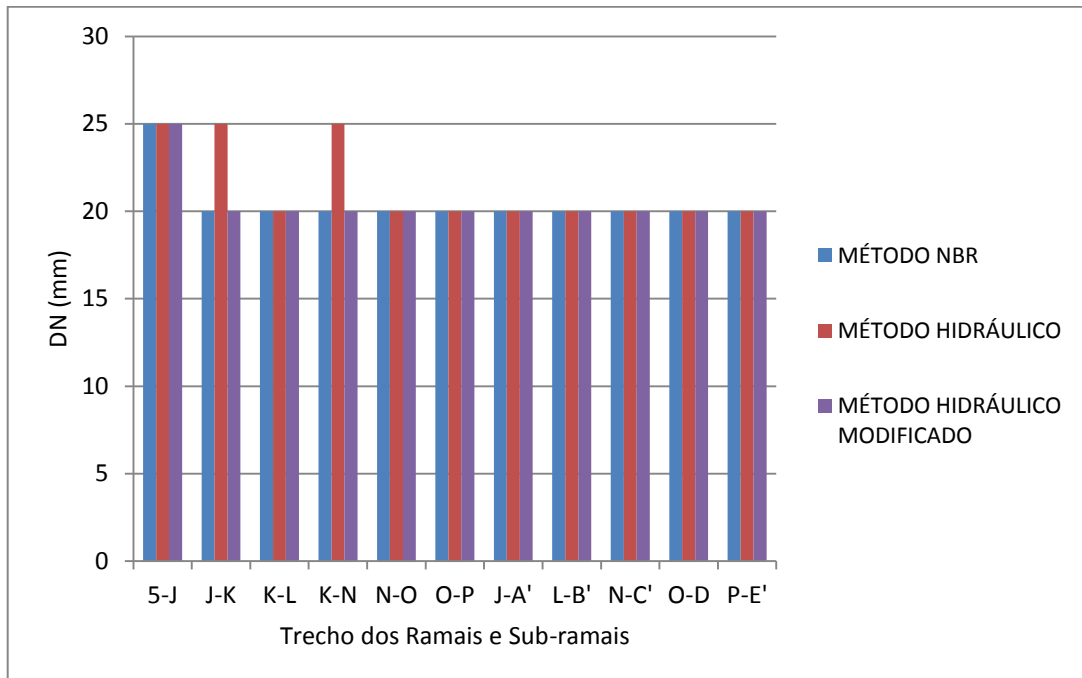
(fonte: própria da autora)

Figura 12 – Comparativo dos diâmetros nominais nas colunas de água fria



(fonte: própria da autora)

Figura 13 – Comparativo dos diâmetros nominais nos ramais e sub-ramais

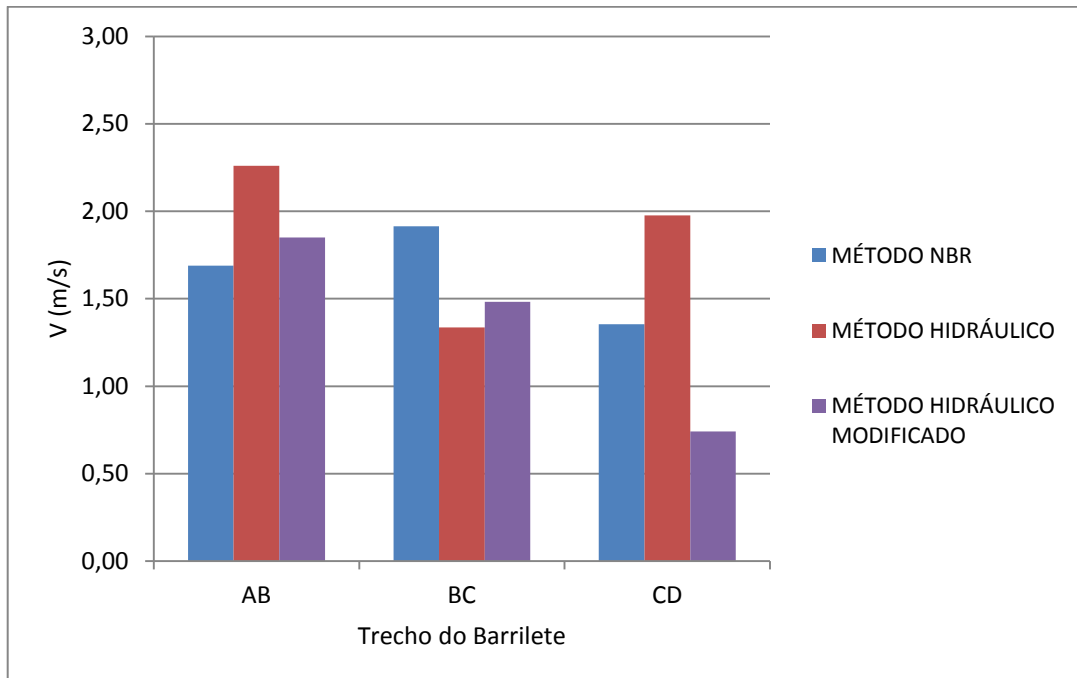


(fonte: própria da autora)

### 8.3 VELOCIDADE DO ESCOAMENTO

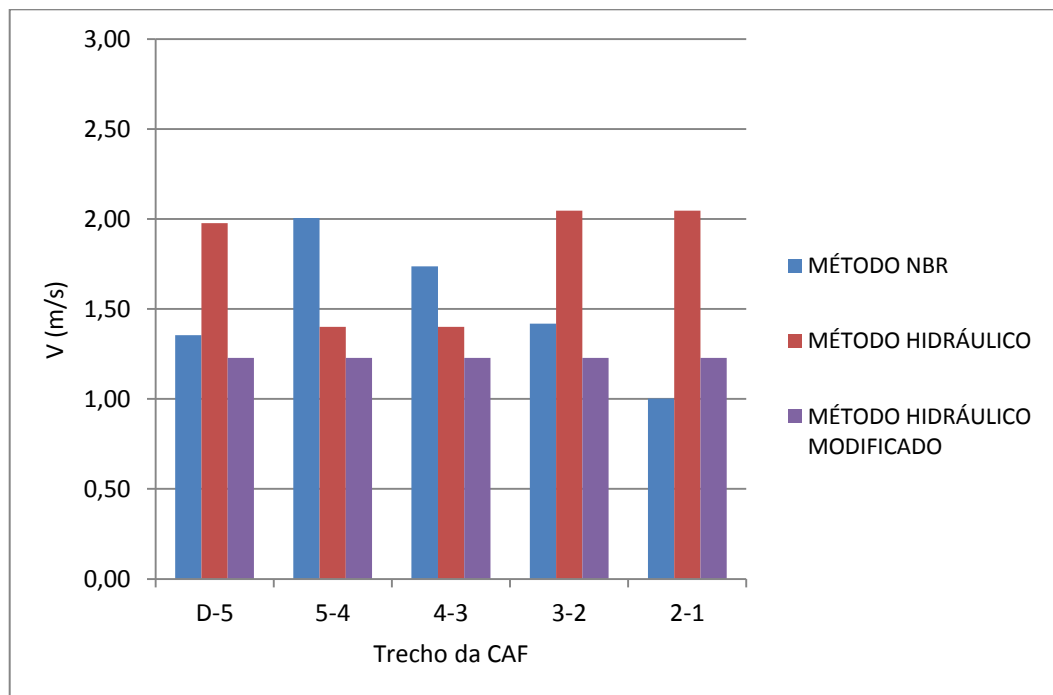
Observando os resultados obtidos para a velocidade, é possível notar que os resultados foram bem variados, uma vez que esse dado está diretamente ligado à vazão e ao diâmetro interno da tubulação. As Figuras 14, 15 e 16 mostram essas comparações. Com relação à velocidade do escoamento no barrilete, o maior valor apresentado foi pelo Método Hidráulico, no trecho A-B, alcançando 2,26 m/s que, mesmo sendo elevada, se encontra dentro dos limites. No que diz respeito à coluna de água fria, destaca-se que o MHM obteve velocidades iguais em todos os trechos, uma vez que a vazão encontrada foi a mesma. Também neste método foram alcançadas as menores velocidades quando o assunto são os ramais, consequência de o diâmetro mínimo normativo ser bem maior do que o necessário nesses trechos.

Figura 14 – Comparativo das velocidades do escoamento no barrilete



(fonte: própria da autora)

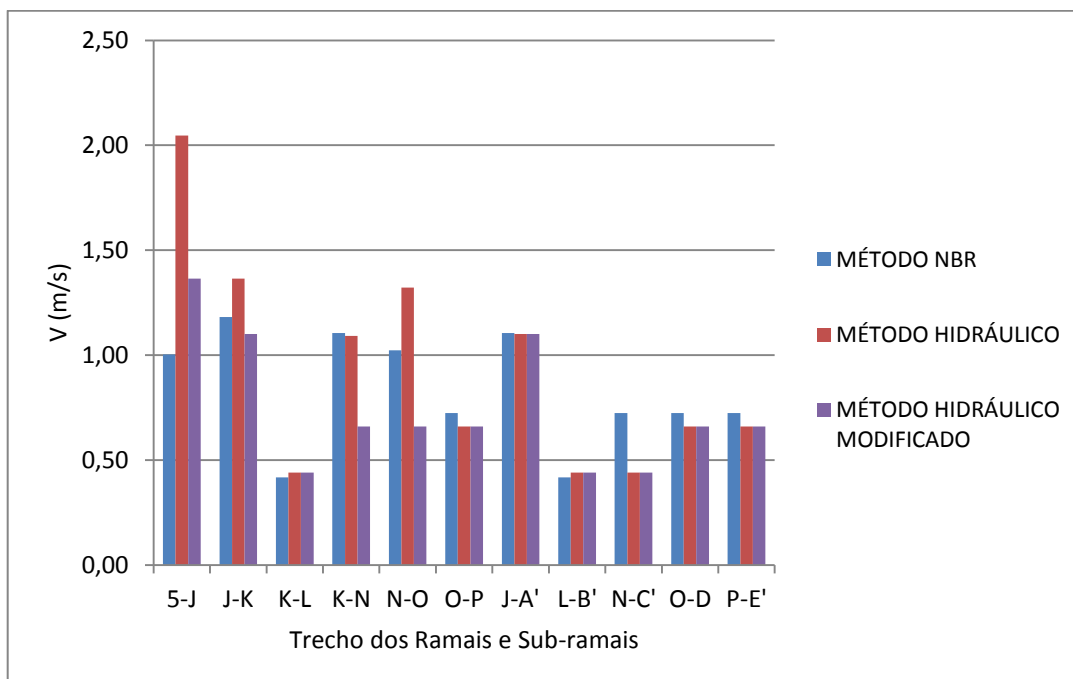
Figura 15 – Comparativo das velocidades do escoamento nas colunas de água fria



(fonte: própria da autora)



Figura 16 – Comparativo das velocidades do escoamento nos ramais e sub-ramais



(fonte: própria da autora)

## 8.4 HIDRÔMETRO

Após obter as vazões através de cada método no trecho E-J, no qual se localizaria o hidrômetro, é possível confrontar esses dados com a vazão nominal para hidrômetro recomendado pela IT 150/2014, de 1,5 m<sup>3</sup>/h. Para o método recomendado pela norma, a vazão obtida foi de 1,32 m<sup>3</sup>/h, enquanto no MH foi 2,7 m<sup>3</sup>/h e no MHM de 1,8 m<sup>3</sup>/h. No caso do método indicado pela NBR, a vazão passante pelo hidrômetro estaria dentro dos limites. Entretanto, caso fosse utilizado um dos outros dois métodos, provavelmente haveria um desgaste no aparelho a longo prazo, visto que a vazão nominal é o limite para um funcionamento adequado do aparelho por um espaço de tempo maior. Uma vez que o SMI se tornará obrigatório e os métodos de determinação da vazão provavelmente serão alterados, esse dado também deverá ser revisado.

## 9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Quando se compara o sistema de medição de vazão individualizado com o coletivo, algumas diferenças são rapidamente observadas. Dentre elas está o aumento da variedade de ambientes alimentados pela mesma CAF, ou seja, a mesma tubulação irá alimentar aparelhos completamente distintos, com frequências e picos de utilização diferentes. Deste modo, utilizar o mesmo método de dimensionamento para os dois sistemas pode acarretar resultados imprecisos, uma vez que a Norma NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda um método que foi determinado quando o SMI ainda não era utilizado.

O objetivo deste trabalho foi comparar a utilização de alguns métodos para a determinação da vazão quando adotado o SMI, para verificar se resultados diferentes são obtidos quanto ao diâmetro das tubulações e hidrômetros. Após revisão bibliográfica, foi decidida a utilização do Método Hidráulico, observado na norma NBR 8160 (Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário, 1999) em comparação com o método de Máxima Vazão Provável, recomendado pela Norma NBR 5626 (ABNT, 1998). Além disso, foi testado um terceiro método, chamado Método Hidráulico Modificado, desenvolvido neste trabalho, considerando que os aparelhos de um mesmo cômodo dificilmente são utilizados simultaneamente. Quanto à utilização deles, o MH e o MHM mostraram-se mais simples e rápidos, reduzindo o processo de somatório dos pesos de cada trecho. Comparando os resultados obtidos, o Método Hidráulico Modificado proporcionou os menores valores de vazão, mas a maioria dos trechos de tubulações apresentaram os mesmos diâmetros nominais nos diferentes métodos.

Outro ponto que ocasiona muitos problemas com as concessionárias é o diâmetro do hidrômetro que, caso seja superdimensionado, pode não medir corretamente a vazão. No caso do prédio em questão, o trecho correspondente à localização deste aparelho obteve o mesmo resultado de diâmetro nominal pelo método indicado pela norma e pelo MHM, mas os dados de vazão encontrados para os três métodos estudados foram diferentes. A cidade de Porto Alegre possui a IT 150/2014, a qual recomenda a utilização de medidores com vazão nominal de 1,5m<sup>3</sup>/h. Esse valor foi superado no Método Hidráulico e também no MHM, indicando que a recomendação poderia estar subestimada caso fossem utilizados um desses dois métodos.

É necessário lembrar que esse estudo foi realizado com um empreendimento de apenas 5 pavimentos. A recomendação para os próximos estudos é a utilização de edificações com

mais pavimentos e também com mais ambientes. Dessa forma, pode-se complementar as análises apresentadas neste trabalho quanto a influência da utilização de 20% dos aparelhos nas colunas de água fria no Método Hidráulico Modificado, uma vez que esse resultado para 5 pavimentos é 1. Além disso, para próximos estudos, seria interessante a comparação orçamentária do sistema de água fria dimensionado pelos dois métodos e também analisar as instruções técnicas quanto ao hidrômetro de outras cidades do país.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626. Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160. Sistemas prediais de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro. 1998.
- BUSSOLO, R. S. **Comparativo executivo e econômico de medição coletiva e individual de água em edifícios residenciais multifamiliares.** TCC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 81p, Criciúma, SC, 2010.
- CARVALHO, W. F. **Medição individualizada de água em apartamentos.** TCC, 95p, Belo Horizonte, MG.
- COELHO, A. C.; **Medição de Água Individualizada.** Manual de Consulta, 222 p, Recife; PE, 2007.
- COELHO, A. C; MAYNARD, J. C. B. **Medição individualizada de água em apartamentos.** Recife, PE, 1999.
- COELHO, A.C.; MAYNARD, J. C. B. **Experiência de medição individualizada de apartamento em edifícios antigos.** Olinda, PE, 2015.
- CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** LIVRO, Editora Livros Técnicos e Científicos S. A. (LTC), 6º Edição.
- GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria.** Tese de Doutorado Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1986.
- GRAÇA, M.E.A.; GONÇALVES, O, M. **Sistemas prediais de distribuição de água fria - determinação das vazões de projeto.** Boletim Técnico, 17p, São Paulo, SP, 1987.
- ILHA, M. S. O.; OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas de medição individualizada de água: como determinar as vazões de projeto para a especificação dos hidrômetros?** Artigo Técnico, 186p. Campinas, SP, 2009.
- LIMA, B. C; YAMAGUCHI, J. K.; KUSSABA, L. L.; FERREIRA, A. T. **Sistema de medição individualizada de água. Estudo de caso em edifício comercial em São Paulo.** Artigo, 66p, São Paulo, SP, 2015.
- OLIVEIRA, L.H.; ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M. **A influência do método de determinação de vazões de projeto no dimensionamento de sistemas de medição individualizada.** SIMPÓSIO, São Carlos, SP, 2007.
- OLIVIERA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PEREIRA, L. G. **Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 9369.** Porto Alegre. 1988. Acesso em 15 de out. de 2017, disponível em <<http://leismunicipa.is/nogju>>.

PORTO ALEGRE. **Portaria nº 246.** Porto Alegre. 2000. Acesso em 01 de novembro de 2018, disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000667.pdf>>.

**Anexo A – Tabelas NBR 8160/1998**

Tabela B.4 (ABNT NBR 8160: 1999) vazões unitárias dos aparelhos sanitários.

<b>Aparelho sanitário</b>	<b>Ponto de consumo</b>	<b>Vazão unitária L/s</b>
<b>Bacia sanitária</b>	Caixa de descarga	0,96
	Válvula de descarga	1,70
<b>Banheira</b>	Misturador (água fria)	0,90
<b>Bidê</b>	Misturador (água fria)	0,40
<b>Chuveiro ou ducha</b>	Misturador (água fria)	0,20
<b>Lavatório</b>	Torneira ou misturador (água fria)	0,15
<b>Máquina de lavar roupas ou pratos</b>	Registro de pressão	0,30
<b>Mictório com sifão integrado</b>	Válvula de descarga	0,50
<b>Mictório sem sifão integrado</b>	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
<b>Pia</b>	Torneira ou misturador (água fria)	0,25
<b>Tanque</b>	Torneira	0,25

(fonte: adaptado de NBR 8160, ABNT(1999))

Tabela B.3 (ABNT NBR 8160: 1999) número de aparelhos a serem considerados em uso simultâneo, com fator de falha de 5% e intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos.

n	Intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas = 60 min											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
<u>3</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
<u>4</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
<u>5</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
<u>6</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
<u>7</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
<u>8</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
<u>9</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
<u>10</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
<u>11</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
<u>12</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
<u>13</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
<u>14</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
<u>15</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
<u>16</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>17</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
<u>18</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
<u>19</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
<u>20</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
<u>25</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>
<u>30</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>7</u>
<u>35</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>8</u>
<u>40</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>9</u>
<u>45</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
<u>50</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>8</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>

**n = número total de aparelhos contribuintes**

(fonte: adaptado de NBR 8160, ABNT(1999))



## **Anexo B – Tabelas NBR 5626/1998**

Tabela A.1 (ABNT NBR 5626:1998) Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
<b>Bacia sanitária</b>		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,7	32
<b>Banheira</b>		Misturador (água fria)	0,3	1
<b>Bebedouro</b>		Registro de pressão	0,1	0,1
<b>Bidê</b>		Misturador (água fria)	0,1	0,1
<b>Chuveiro ou ducha</b>		Misturador (água fria)	0,2	0,4
<b>Chuveiro elétrico</b>		Registro de pressão	0,1	0,1
<b>Lavadora de pratos ou de roupas</b>		Registro de pressão	0,3	1
<b>Lavatório</b>		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
<b>Mictório cerâmico</b>	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro depressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
<b>Mictório tipo calha</b>		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15	0,3
<b>Pia</b>		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,1	0,1
<b>Tanque</b>		Torneira	0,25	0,7
<b>Torneira de jardim ou lavagem em geral</b>		Torneira	0,2	0,4

(fonte: NBR 5625, ABNT(1998))

Tabela A.2 (ABNT NBR 5626:1998) perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo rugoso (tubo de aço-carbono, galvanizado ou não)

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90º	Cotovelo 45º	Curva 90º	Curva 45º	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	0,5	0,2	3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7
40	1,4	0,6	1	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	-	0,7	5,5
125	4,7	2,2	-	-	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4	-	1	8,2

(fonte: NBR 5625, ABNT(1998))

Tabela A.3 (ABNT NBR 5626:1998) perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre)

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90º	Cotovelo 45º	Curva 90º	Curva 45º	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2	1	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8
100	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

(fonte: NBR 5625, ABNT(1998))

Tabela A.4 (ABNT NBR 5626:1998) valor da vazão máxima ( $Q_{\text{máx}}$ ) em hidrômetros

<b><math>Q_{\text{máx}}</math> (M<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Diâmetro nominal DN</b>
1,5	15 e 20
3	15 e 20
5	20
7	25
10	25
20	40
30	50

(fonte: NBR 5625, ABNT(1998))