

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO CUSTO DE UM PROJETO HIDRÁULICO DE ÁGUA FRIA

COST VARIATION ANALYSIS OF A COLD WATER HYDRAULIC PROJECT

Jorge Trota Filho¹
Lorranny Vieira Mendes²

Resumo: Atualmente existe uma variabilidade de empreendimentos de grande porte, onde os projetos de instalação hidráulica de água fria ganham cada vez mais importância, pois garantir o fornecimento de água e a sua potabilidade ao longo do tempo é um desafio para projetistas e engenheiros. Além disso, diante da grande variedade de materiais e métodos para execução de projetos hidráulicos existe a necessidade de se avaliar os impactos no custo das instalações, chegando assim em uma metodologia para se avaliar a melhor razão custo-benefício. Os métodos utilizados para o dimensionamento de uma instalação de água fria para uma edificação com pico de consumo são Método do Consumo Máximo Possível e Método das Seções Equivalentes. O artigo se debruçará no estudo e na comparabilidade entre os referidos métodos.

Palavras-chave: Água fria; Hidráulica; Método do consumo máximo possível; Método das seções equivalentes.

Abstract: Currently, there is a variability of large-scale projects, where cold water hydraulic installation projects are gaining more and more importance, as ensuring the supply of water and its potability over time is a challenge for designers and engineers. Furthermore, given the wide variety of materials and methods for executing hydraulic projects, there is a need to evaluate the impacts on the cost of installations, thus arriving at a methodology to evaluate the best cost-benefit ratio. The methods used to size a cold water installation for a building with peak consumption are the Maximum Possible Consumption Method and the Equivalent Sections Method. The article will focus on the study and comparability between the aforementioned methods.

Key words: cold water; hydraulics; maximum possible consumption method; equivalent section method.

Data de submissão: 10.04.2024

Data de aprovação: 01.08.2024

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/4564>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v30i68.4564>).

¹ Pesquisador do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) e Professor do Curso de Engenharia Civil pela Universidade do Iguaçu – Unig. E-mail: jorge.filho@campus1.unig.br.

² Estudante de Engenharia Civil pela Universidade do Iguaçu - Unig. E-mail: lorranny.microbiologia@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

As instalações hidráulicas prediais constituem um dos subsistemas que devem ser integrados ao sistema construtivo que pode ser proposto pela arquitetura ou pela engenharia civil, de forma harmônica, racional e tecnicamente correta de acordo com as normalizações vigentes. Quando uma determinada construção é dimensionada corretamente, tendo em vista suas características funcionais, incluindo os projetos de estrutura, de fundações, de instalações e outros pertinentes, é condição básica para que ocorra a integração harmônica entre os vários subsistemas construtivos. Desta forma, para que ocorra tanto a manutenção como a operação eficiente das instalações prediais hidráulicas, é necessária a integração com os demais projetos da edificação conforme apontado em Carvalho (2023).

Conforme relatado por Houghtalen (2012), uma instalação predial de água fria (onde água está na temperatura ambiente) constitui-se no conjunto de tubulações, reservatórios e dispositivos, destinados ao abastecimento de peças (aparelhos) e pontos de utilização de água na edificação, em quantidade suficiente, mantendo a qualidade (potabilidade) da água fornecida pelo sistema de abastecimento de acordo com Creder (2006) e Da Silva (2019).

O sistema de água fria deve ser separado fisicamente de quaisquer outras instalações que conduzam água, como, por exemplo, as instalações de água para reuso ou de qualidade insatisfatória, desconhecida ou questionável. De acordo com Baptista e Lara (2016), os componentes da instalação não podem fornecer substâncias tóxicas à água ou contaminar a água por meio de metais pesados, ou seja, todos os materiais empregados devem possuir compatibilidade de forma a preservar ou garantir a potabilidade da água até o respectivo ponto de utilização.

A norma que estabelece os requisitos mínimos, e recomendações relativas ao projeto, à execução, e à manutenção das instalações prediais de água fria é a Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT] (2020), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). De acordo com esta norma e segundo Carvalho (2013) e Gribbin (2015), as instalações prediais de água fria devem ser projetadas de modo a garantir as seguintes características:

- Preservar a potabilidade.
- Garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes.
- Promover economia de água e energia utilizando métodos que visam a sustentabilidade.
- Possibilitar manutenção preventiva e corretiva de forma fácil e econômica.
- Evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente.
- Proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo às demais exigências da maioria dos usuários.

A definição de água fria potável é a água que se encontra na temperatura ambiente e apta para ser utilizada na alimentação e na higiene das pessoas e fornecida pela rede abastecimento local. Entretanto, em locais onde não há a possibilidade de alimentação de uma determinada edificação a partir da rede de distribuição de água do órgão público (concessionária) recorre-se à captação em poços, ou a algum suprimento superficial (nascente, riacho, córrego ou rio). Neste caso, de acordo com Macintyre (2020), a água antes de ser utilizada para consumo

humano deve ser analisada para saber se é necessária a realização de algum tipo de tratamento físico-químico.

Ainda segundo Carvalho (2013) uma instalação predial de água fria compreende além dos encanamentos, o hidrômetro, os aparelhos (peças de utilização), os reservatórios que permitem o suprimento, a medição, o armazenamento, o comando, o controle e a distribuição de água potável até as peças de utilização, tais como, torneiras, chuveiros, aquecedores, duchas higiênicas, vasos sanitários, máquinas de lavar roupas, etc.

De acordo com Mendes (2021) para o dimensionamento das instalações hidráulicas o Método Do Consumo Máximo Possível leva em consideração a soma das vazões das peças de utilização, as perdas de cargas e as velocidades de escoamento da água. Já o Método das Seções Equivalentes faz uma estimativa do dimensionamento da tubulação a partir de uma conversão em seções equivalentes de 1/2" (meia polegada), que tem relação com os diâmetros mínimos aplicáveis a cada tipo de peça de utilização que por ventura estiverem presentes nos trechos da instalação hidráulica.

Para o dimensionamento das tubulações de uma determinada instalação hidráulica predial existe a possibilidade de se utilizar dois tipos de metodologias, que serão avaliadas neste trabalho. As duas metodologias estão citadas de acordo com a Tabela 1, sendo detalhadas na sequência, conforme apontado em Porto (2004).

Tabela 1 - Métodos utilizados para a realização de projetos de instalações hidráulicas.

Método	Aplicabilidade	Fundamentação
Consumo Máximo Possível	Edificações com piscos de consumo	Soma das vazões dos aparelhos
Seções Equivalentes	Qualquer tipo de edificação	Soma das seções equivalentes

De acordo com a Tabela 1, os principais métodos utilizados nos projetos de instalações hidráulicas nacionais são: o Método do Consumo Máximo Possível e o Método das Seções Equivalentes, conforme relatado em Salgado (2015) e Silvestre (2001).

Esse trabalho tem por objetivo comparar o dimensionamento da instalação hidráulica de um determinado tipo de edificação que apresenta pico de consumo. Serão apresentados argumentos técnicos e também econômicos que podem ser utilizados para a seleção de uma determinada metodologia.

1.1 MÉTODO DO CONSUMO MÁXIMO POSSÍVEL

O Método do Consumo Máximo Possível é baseado na afirmação de que todos os aparelhos hidráulicos presentes na edificação estão em funcionamento simultâneo. Essa metodologia é utilizada em edificações onde ocorrem períodos de picos de consumo. Como, por exemplo, em colégios, universidades, quartéis, internatos, estádios, apresentam picos de consumo em determinados horários em seu funcionamento.

Essa metodologia considera a soma das vazões de todas as peças de utilização presentes na edificação. A partir da vazão total é calculado o diâmetro do ramal ou da coluna que alimenta as peças de utilização presentes nessa instalação. A Tabela 2

mostra as principais peças de utilização e as suas respectivas vazões de funcionamento.

Tabela 2 - Principais peças de utilização e as suas respectivas vazões.

Peça de utilização	Vazões (L/s)
Bacia sanitária com caixa acoplada/ de descarga	0,15
Bacia sanitária com válvula de descarga	1,9
Banheira	0,3
Bebedouro	0,05
Chuveiro	0,2
Lavatório	0,2
Máquina de Lavar roupas ou louças	0,3

A Tabela 2 pode ser utilizada como referência para a estimativa do Método de Consumo Máximo Possível, ou seja, a vazão total é a soma das vazões das peças, conforme a equação 1, conforme apresentados por Creder (2006) e Carvalho (2023).

$$q_T = \sum q_i \quad ((1))$$

Onde:

Q_T – Vazão total das peças de utilização presentes na instalação, L/s;

ΣQ_i – Somatório das vazões de cada uma das peças de utilização, L/s.

1.2 MÉTODO DAS SEÇÕES EQUIVALENTES

Ainda segundo Carvalho (2013), o Método das Seções Equivalentes é baseado na proporção de seções com diâmetros de ½” que cada peça de utilização possui. O somatório das seções equivalentes de cada aparelho conduzirá a informação de qual diâmetro deverá ser utilizado para as colunas, ramais, sub-ramais e barriletes que fazem parte do sistema de alimentação das peças de utilização. Na Tabela 3, é mostrado as seções equivalentes para cada diâmetro nominal frequentemente utilizados nas instalações hidráulicas.

Tabela 3 - Valores das seções equivalentes em relação às seções de ½” com a mesma capacidade.

Diâmetros dos canos (polegadas)	Nº de tubos de ½” com a mesma capacidade
½”	1
¾”	2,9
1”	6,2
1 ¼”	10,9
1 ½”	17,4
2”	37,8
2 ½”	65,5
3”	110,5
4”	189

Para a determinação do diâmetro da instalação, segundo o Método das Seções Equivalentes, será necessário utilizar como referência os diâmetros das peças de utilização já previamente definidos conforme apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Diâmetro nominais para as principais peças de utilização.

Peças de utilização	Diâmetro (mm)	Diâmetro (polegada)
Aquecedor de baixa pressão	20	$\frac{3}{4}$
Aquecedor de alta pressão	15	$\frac{1}{2}$
Bacia com caixa de descarga/acoplada	15	$\frac{1}{2}$
Bacia com caixa válvula de descarga	32	1 $\frac{1}{4}$
Banheira	15	$\frac{1}{2}$
Bebedouro	15	$\frac{1}{2}$
Ducha higiênica	15	$\frac{1}{2}$
Chuveiro	15	$\frac{1}{2}$
Filtro	15	$\frac{1}{2}$
Lavatório	15	$\frac{1}{2}$
Máquina de Lavar roupas ou louças	20	$\frac{3}{4}$
Mictório de descarga contínua	15	$\frac{1}{2}$
Pia de cozinha	15	$\frac{1}{2}$
Tanque de lavar roupas	20	$\frac{3}{4}$

Com a junção das informações apresentadas nas Tabelas 3 e 4, é possível calcular o diâmetro nominal de todas as partes das instalações hidráulicas prediais. A metodologia das seções equivalentes não está prevista na norma ABNT NBR 5626 (2020), pois esta tende a fornecer resultados superdimensionados direcionando a uma maior segurança de funcionalidade do projeto, entretanto, aumentando os custos com as aquisições dos materiais empregados na instalação. As principais vantagens desse método seriam na praticidade e na facilidade de realização dos cálculos envolvidos.

2 METODOLOGIA

A metodologia desse artigo está baseada na aplicabilidade dos Métodos do Consumo Máximo Possível e das Seções Equivalentes em projetos de instalações hidráulicas prediais de edificações prediais com picos de consumo.

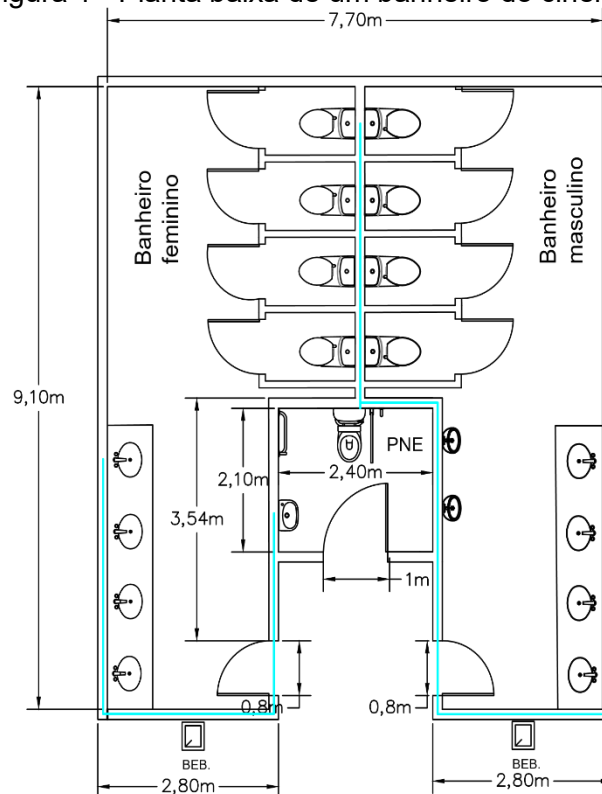
Serão utilizados softwares de prateleira como o Excel® 2013 para o desenvolvimento dos cálculos dos ramais e das colunas, considerando os dois métodos anteriormente mencionados e o AutoCad® 2019 para os desenhos. Além da comparação entre os diâmetros dos diferentes pontos da instalação, será realizado uma estimativa de custos empregados nas aquisições de todos os materiais utilizados no projeto da instalação predial hidráulica de um cinema. Esse tipo de edificação foi

escolhido por apresentar picos de consumo, principalmente antes do início e ao final das seções do cinema. Esse exemplo é aplicado para apresentar a variação da aplicação das duas metodologias de dimensionamento de instalações hidráulicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cinema é um tipo de edificação que possui picos de consumo, principalmente, no momento anterior e posterior das seções. A instalação hidráulica atende aos banheiros masculino, feminino e de portador de necessidades especiais (PNE). A Figura 1 mostra a planta baixa dos banheiros que atendem aos espectadores de um determinado cinema.

Figura 1 - Planta baixa de um banheiro do cinema.



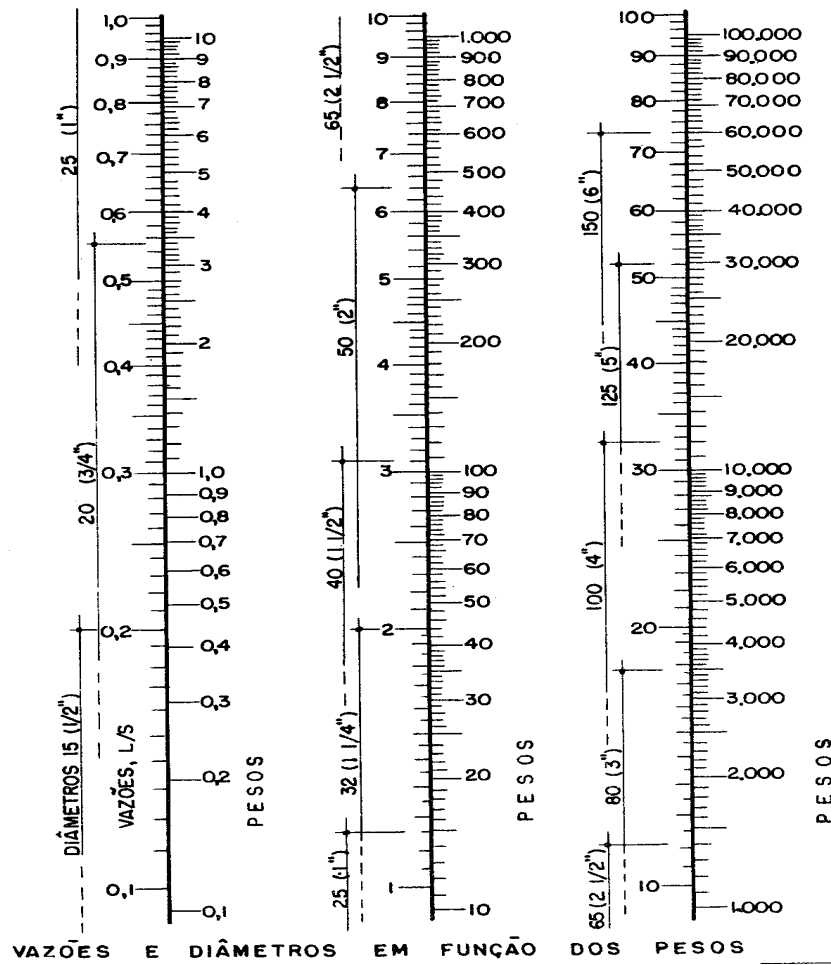
3.1 DESENVOLVIMENTO DAS METODOLOGIAS EMPREGADAS

3.1.1 Dimensionamento da edificação com picos de consumo - Método do Consumo Máximo Possível

Este método de dimensionamento da instalação hidráulica considera que todas as peças têm grande probabilidade de utilização ao mesmo tempo, ou seja, se considera a utilização simultânea das mesmas. O dimensionamento da instalação hidráulica predial está associado ao somatório das vazões dos aparelhos, conforme equação 1.

Após a determinação da vazão, a partir do diâmetro inicial do ramal para atender cada ramal, será feito utilizando o ábaco de pesos, vazões e diâmetros, conforme Figura 2.

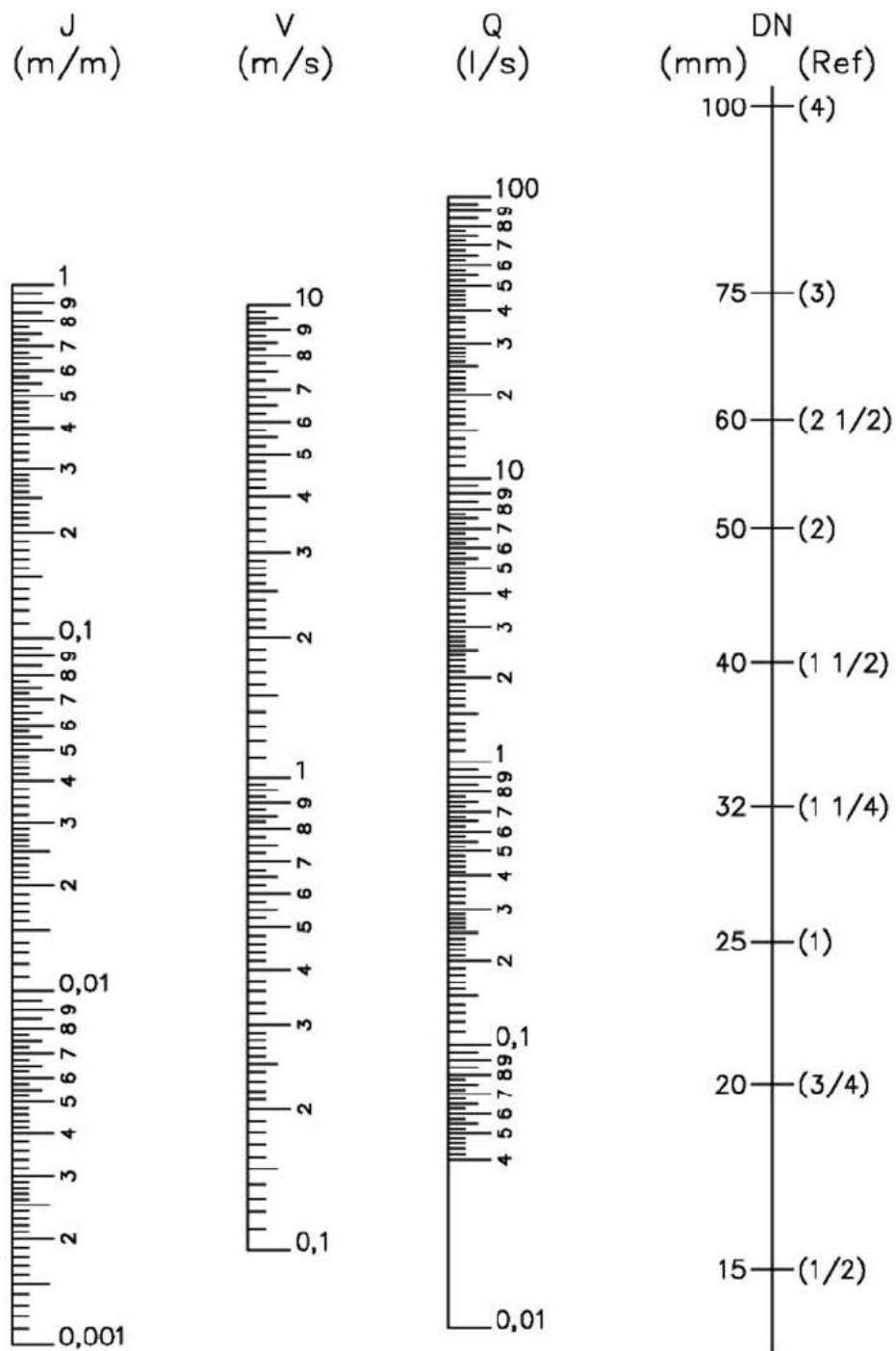
Figura 2 - Ábaco de vazões e diâmetros em função dos pesos.



Após o cálculo da vazão do ramal e a determinação do diâmetro, realizada no ábaco de vazões e diâmetros, em função dos pesos, com a utilização da Figura 2, é possível verificar se o diâmetro da tubulação atende aos requisitos necessários de funcionamento.

Para verificar se os diâmetros - encontrados a partir do Método do Consumo Máximo Possível, utilizando no ábaco da Figura 2 - estão corretos em relação à perda de carga unitária máxima de 8% e velocidade de escoamento da água de no máximo 2,5 m/s, é necessário utilizar o ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico (caso sejam utilizadas tubulações lisas, ou seja, de baixa rugosidade superficial), conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico.



Fonte: Carvalho (2013).

Para verificar que os diâmetros estão adequados, é necessário utilizar o ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico. Sendo marcados dois pontos, o ponto de vazão (linha Q do ábaco de Fair-Whipple-Hsiao) calculado pela equação 1 e ponto do diâmetro (linha D do ábaco de Fair-Whipple-Hsiao). A partir disso, se a perda de carga unitária for de até 8% e a velocidade de escoamento da água for menor do que 2,5 m/s, o diâmetro está adequado. No caso, do diâmetro

determinado pelo ábaco da Figura 2, atingir velocidades maiores do que 2,5 m/s e/ou perda de carga unitária acima de 8%, é necessário aumentar em um diâmetro nominal o diâmetro originalmente determinado.

Utilizando essa metodologia, foram determinados os diâmetros dos trechos (ramais) relativos a cada um dos cômodos presentes e das colunas de alimentação da edificação, a partir do reservatório superior. As Tabelas 5, 6 e 7 mostram o dimensionamento dos ramais obtidos a partir da metodologia do consumo máximo possível que fez uso dos ábacos mostrados nas Figuras 2 e 3.

3.1.1.2 Banheiro feminino e lavatório do PNE do Cinema

A Tabela 5 retrata as vazões de cada uma das peças hidráulicas presentes do trecho da coluna de água fria (AF1), destinada a realizar a alimentação dos lavatórios do banheiro feminino, do lavatório do PNE e de um dos bebedouros presentes no cinema, conforme Figura 1.

Tabela 5 - Total das vazões das peças de utilização e diâmetro nominal da coluna de água fria 1(AF 1) – Método Consumo Máximo Possível.

Coluna 1 – AF 1			
Peças	Vazão (L/s)	Quantidade	Vazão total (L/s)
Lavatório	0,15	4	0,6
bebedouro	0,1	1	0,1
Lavatório/PNE	0,15	1	0,15
Total			0,85
Diâmetro do tubo			1 ¼"

Através do cálculo total das vazões referentes às peças presentes no trecho da instalação, verificou-se na Figura 2, o valor do diâmetro nominal, e na Figura 3, foi analisado se o diâmetro da tubulação atende aos critérios de perda de carga e de velocidade de escoamento da água dentro da tubulação. Sendo que a coluna de água fria 1 (AF 1), que está alimentando os lavatórios do banheiro feminino, o lavatório do banheiro PNE e um dos bebedouros, foi dimensionada para 1 ¼". A Tabela 6 está relacionada à alimentação de todos os vasos sanitários com caixa acoplada presentes no banheiro feminino.

Tabela 6 - Total das vazões das peças de utilização e diâmetro nominal da coluna de água fria 2 (AF 2) - Método Consumo Máximo Possível.

Coluna 2 – AF 2			
Peças	Vazão (L/s)	Quantidade	Vazão total (L/s)
Vaso sanitário com caixa acoplada	0,15	5	0,75
Total			0,75
Diâmetro do tubo			1 ¼"

Através do cálculo total das vazões, se verificou nas Figuras 2 e 3 qual o diâmetro do tubo correspondente a coluna AF 2 referente ao Método Consumo Máximo Possível e foi constatado que o diâmetro adequado é de 1 ¼".

3.1.1.3 Banheiro masculino

A Tabela 7 mostra as vazões individuais, as quantidades e a vazão total referentes às peças hidráulicas que se encontram no banheiro masculino, com exceção dos sanitários.

Tabela 7 - Total das vazões das peças de utilização e diâmetro nominal da coluna de água fria 3 (AF 3) - Método Consumo Máximo Possível.

Coluna 3 – AF 3

Peças	Vazão (L/s)	Quantidade	Vazão total (L/s)
Lavatório	0,15	4	0,6
bebedouro	0,1	1	0,1
mictório	0,15	2	0,3
Total			1
Diâmetro do tubo			1 ¼"

A Tabela 7 mostra que através do cálculo total das vazões, se verificou através das análises das Figuras 2 e 3 que o diâmetro 1 ¼" é mais adequado para a tubulação correspondente a coluna AF 3, referente ao Método Consumo Máximo Possível. A Tabela 8 exhibe as vazões individuais, as quantidades e a vazão total referentes aos vasos sanitários que se encontram no banheiro masculino.

Tabela 8 - Total das vazões das peças de utilização e diâmetro nominal da coluna de água fria 4 (AF 4) - Método Consumo Máximo Possível.

Coluna 4 – AF 4

Peças	Vazão (L/s)	Quantidade	Vazão total (L/s)
Vaso sanitário com caixa acoplada	0,15	4	0,6
Total			0,6
Diâmetro do tubo			1"

Através da análise da Tabela 8 e em conjunto com as Figuras 2 e 3 foi possível determinar que para coluna AF 4 que o diâmetro mais adequado é de 1" para o uso simultâneo das peças.

3.1.2 Dimensionamento do banheiro de cinema com picos de consumo - Método das Seções Equivalentes

3.1.2.1 Banheiro feminino e lavatório do PNE do Cinema

A Tabela 9 mostra a aplicação do Método das Seções equivalentes para a coluna AF 1 onde estão presentes os lavatórios tanto do PNE como do banheiro feminino e o bebedouro.

Tabela 9 - Diâmetro nominal utilizado na coluna de água fria 1 (AF 1) - Método das Seções Equivalentes.

Coluna 1 – AF 1			
Peças	Seção	Equivalência	Quantidade
Lavatório	½"	1	4
bebedouro	½"	1	1
Lavatório/PNE	½"	1	1
Total			6
Diâmetro que suporta 6 seções equivalentes			1"

A partir da análise das equivalências e das quantidades das peças presentes na coluna AF 1, a partir da comparação entre os dados da Tabelas 3 e 9 foi possível determinar que o diâmetro mais adequado para a coluna AF 1 foi de 1". A Tabela 10 mostra a análise da coluna AF 2 através da aplicação da Metodologia das seções equivalentes.

Tabela 10 - Diâmetro nominal utilizado na coluna de água fria 2 (AF 2) - Método das Seções Equivalentes.

Coluna 2 – AF 2			
Peças	Seção	Equivalência	Quantidade
Vaso sanitário com caixa acoplada	½"	1	5
Total			5
Diâmetro que suporta 5 seções equivalentes			1"

A partir da análise das seções equivalentes e da comparabilidade entre os valores constantes nas Tabelas 3 e 10 foi possível determinar que o diâmetro adequado para a coluna AF 2 é também de 1".

3.1.2.2 Banheiro Masculino

A Tabela 11 exibe os resultados da aplicação da metodologia das seções equivalentes para coluna de água fria 3 (AF 3). Essa coluna se refere ao abastecimento de todas as peças presentes no banheiro masculino com exceção dos sanitários.

Tabela 11 - Diâmetro nominal utilizado na coluna de água fria 3 (AF 3) - Método das Seções Equivalentes.

Coluna 3 – AF 3			
Peças	Seção	Equivalência	Quantidade
Lavatório	½"	1	4
bebedouro	½"	1	1
Mictório	½"	1	2
Total			7
Diâmetro que suporta 7 seções equivalentes			1 ¼"

De acordo com a análise da Tabela 11 que mostra a quantidade de 7 seções equivalentes relacionadas a coluna AF 3 e confrontando o resultado com a Tabela 3 é possível determinar que o diâmetro mais adequado para suprir a demanda das peças de utilização é de 1 ¼". A Tabela 12 mostra a metodologia das seções equivalentes aplicada a coluna de água fria 4 (AF 4) que alimenta apenas os sanitários do banheiro masculino.

Tabela 12 - Diâmetro nominal utilizado na coluna água fria 4 (AF 4) – Método das Seções Equivalentes.

Coluna 4 – AF 4			
Peças	Seção	Equivalência	Quantidade
Vaso sanitário com caixa acoplada	½"	1	4
Total			4
Diâmetro que suporta 4 seções equivalentes			1"

A partir da análise dos dados da Tabela 12 considerando o método das seções equivalentes foi constatado que o diâmetro de 1" é o mais adequado para atender satisfatoriamente aos quatro sanitários presentes no banheiro masculino. A Tabela 13 retrata resumidamente para a metodologia aplicada os diâmetros a serem utilizados para as colunas de água fria para alimentar os banheiros do cinema.

Tabela 13 - Comparativo dos diâmetros empregados para cada metodologia em cada uma das colunas de água fria.

Metodologia	AF 1	AF 2	AF 3	AF 4
Consumo máximo possível	1 ¼"	1 ¼"	1 ¼"	1"
Seções equivalentes	1"	1"	1 ¼"	1"

Observa-se que os diâmetros das tubulações e conexões empregadas para as metodologias do consumo máximo possível e das seções equivalentes são diferentes para as colunas de água fria AF 1 e AF 2. Não foram observadas mudanças no dimensionamento das colunas de água fria AF 3 e AF 4.

A partir da análise dos resultados é possível observar que há um aumento no custo da instalação através do dimensionamento do Método do Consumo Máximo Possível, pois o mesmo em algumas situações conduz a diâmetros maiores quando comparado com o Método das Seções Equivalentes.

A Tabela 14 mostra a variação dos custos de aquisição dos materiais hidráulicos utilizados na instalação dos banheiros do cinema de acordo com as metodologias do consumo máximo possível e das seções equivalentes.

Tabela 14 - Custo de aquisição dos materiais hidráulicos para realização do projeto com as duas metodologias avaliadas.

Materiais e Custo Total	Consumo Máximo Possível (Valores em R\$)	Seções Equivalentes (Valores em R\$)	% Aumento
Conexões de PVC	2.566,60	2.148,25	19,5
Tubulações de PVC	3.221,89	2.725,27	18
Custo Total	5.788,49	4.873,52	19

A partir dos dados da Tabela 14 é possível observar que há um aumento do valor a ser gasto para as aquisições dos materiais hidráulicos ao se aplicar a metodologia do Consumo Máximo Possível. Esse aumento no custo da instalação está diretamente associado ao fato do dimensionamento do Método do Consumo Máximo Possível conduzir a diâmetros maiores quando comparado com o Método das Seções Equivalentes.

A Tabela 14 mostra três aspectos da variação do custo de um projeto hidráulico de água fria, sendo a variação do custo em relação às conexões, às tubulações e o custo total. Assim, observa-se que o aumento do custo em relação à aquisição das tubulações é 18% maior quando se aplica o Método do Consumo Máximo Possível. Quando se analisa o custo de aquisição das conexões percebe-se um aumento de 19,5% ao se utilizar o Método do Consumo Máximo Possível.

Considerando que o trabalho aplicou as duas metodologias de projeto de instalações hidráulicas a uma edificação com picos de consumo. É possível inferir que ao se utilizar a metodologia do Consumo Máximo Possível para dimensionar uma instalação hidráulica com pico de consumo, o aumento do custo total com a aquisição dos materiais hidráulicos é 19% maior quando comparado ao Método das Seções Equivalentes.

O Método do Consumo Máximo Possível, na análise do estudo de caso dos banheiros de cinema se mostrou mais confiável em relação ao abastecimento dos pontos de utilização presentes nas colunas de água fria AF 1 e AF 2. Com o foco no funcionamento adequado da instalação hidráulica, o Método do Consumo Máximo Possível mesmo sendo de execução mais trabalhosa e apresentar um maior custo total deve ser o selecionado para o dimensionamento de edificações com pico de consumo em detrimento do Método das Seções Equivalentes.

Uma outra questão técnica envolvida na seleção do método de Consumo Máximo Possível em detrimento ao método das Seções Equivalentes tem relação com a pressão dinâmica nos pontos de utilização das colunas de água fria durante a operação do sistema hidráulico. A Tabela 15 mostra as pressões dinâmicas máximas e as mínimas determinadas para as colunas de água fria considerando o Método das Seções Equivalentes.

Tabela 15 - Pressões dinâmicas na instalação hidráulica do cinema utilizando o dimensionamento pelo Método das Seções Equivalentes.

Coluna	Pressão dinâmica mínima (kPa)	Pressão dinâmica máxima (kPa)
AF 1	-32,6	24,1
AF 2	-23,4	1,7
AF 3	3,1	33,3
AF 4	5,9	13,1

Através da análise da Tabela 15 observa-se que através do dimensionamento das colunas AF 1 e AF 2 utilizando o Método das Seções Equivalentes existem pressões dinâmicas negativas, ou seja, as perdas de carga são maiores do que a pressão hidráulica disponível para funcionamento adequado do sistema. Desta forma, no pico de consumo é provável que algumas peças de utilização presentes nas colunas AF 1 e AF 2 não funcionem adequadamente. A Tabela 16 retrata as pressões dinâmicas máximas e as mínimas para as colunas de água fria presentes no cinema considerando o dimensionamento conforme o Método do Consumo Máximo Possível.

Tabela 16 - Pressões dinâmicas na instalação hidráulica do cinema utilizando o dimensionamento pelo Método do Consumo Máximo Possível.

Coluna	Pressão dinâmica mínima (kPa)	Pressão dinâmica máxima (kPa)
AF 1	2,0	25,8
AF 2	12,1	19,9
AF 3	3,1	33,3
AF 4	5,9	13,1

Mediante aos dados apresentados na Tabela 16 constata-se que as pressões dinâmicas presentes em todas as colunas de água fria são positivas. Desta forma, pode-se considerar que o Método do Consumo Máximo Possível promove o dimensionamento técnico mais correto em termos de garantir o funcionamento adequado de todas as peças de utilização presentes na instalação hidráulica do cinema.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidenciou a utilização dos métodos das Seções Equivalentes e do Consumo Máximo Possível para o dimensionamento de instalações hidráulicas com picos de consumo, sendo utilizado, um cinema como exemplificação. O Método das Seções Equivalentes se mostrou de aplicação mais facilitada, pois está relacionado ao dimensionamento baseado na quantidade de seções equivalentes a ½" presentes em determinada coluna ou trecho da instalação hidráulica de água fria. Além disso, o Método das seções equivalentes promoveu um dimensionamento com diâmetros das colunas AF 1 e AF2 menores do que o Método do Consumo Máximo Possível. Como os diâmetros das tubulações e conexões das colunas AF 1 e AF 2 conduziu a redução do custo total em 19% mediante a aplicação do Método das Seções Equivalentes em comparação com o Método do Consumo Máximo Possível. Entretanto, o Método das Seções Equivalentes conduz a pressões dinâmicas

negativas o que provavelmente ocasionará o funcionamento inadequado das peças de utilização presentes nas colunas AF 1 e AF 2.

O Método do Consumo Máximo Possível embora tenha conduzido a um aumento do custo total da instalação hidráulica, a sua aplicação produz as pressões dinâmicas positivas nas colunas de água fria AF 1 e AF 2 possibilitando o funcionamento adequado das peças de utilização. Desta forma, embora o Método das Seções Equivalentes seja mais econômico não deve ser o escolhido para ser utilizado para edificações com picos de consumo. O Método do Consumo Máximo Possível é o mais adequado tecnicamente para assegurar o funcionamento eficiente da instalação hidráulica do cinema.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). ABNT NBR 5626, Sistemas prediais de água fria e água quente: Projeto, execução, operação e manutenção. ABNT.
- Baptista, M., & Lara, M. (2016). *Fundamentos de Engenharia hidráulica* (4. ed.). EdUFMG.
- Carvalho, R. J. (2013). *Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura* (4. ed.). Blücher.
- Carvalho, R. J. (2023). *Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários: Princípios Básicos Para a Elaboração de Projetos* (1. ed.). Blücher.
- Creder, H. (2006). *Instalações hidráulicas e sanitárias* (6. ed.). Livros Técnicos e Científicos.
- Da Silva, R. A. (2019). *Dimensionamento das instalações hidráulicas de água Fria e esgoto de uma edificação*. [Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia].
<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24164>
- Gribbin, J. E. (2015). *Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais*. (1. ed.). Cengage Learning.
- Macintyre, A. J. (2020). *Manual de instalações hidráulicas e sanitárias* (1. ed.). Guanabara Koogan.
- Mendes, L. V. (2021). *Avaliação da variação do custo de um projeto hidráulico de água fria. Estudo de caso: projetos de instalações hidráulicas de água fria com e sem picos de consumo*. Universidade Iguazu.
- Porto, R. M. (2004). *Hidráulica básica* (3. ed.). EESC-USP.
- Houghtalen, R. J., Akan, A., Osman, H., & Ned, H.C. (2012). *Engenharia Hidráulica* (4. ed.). Pearson Universidades.

Salgado, J. C. P. (2015). *Instalação hidráulica residencial: a prática do dia a dia*, (1. ed.). Érica.

Silvestre, P. (2001). *Hidráulica geral* (1. ed.). Livros Técnicos e Científicos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Programa de Iniciação Científica da Universidade do Iguazu – Unig.