



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE TUBULAÇÕES RÍGIDAS E
FLEXÍVEIS EM INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS**

MEL GIBSON FIGUEIREDO DOS SANTOS

POMBAL – PB

2022

MEL GIBSON FIGUEIREDO DOS SANTOS

ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE TUBULAÇÕES RÍGIDAS E
FLEXÍVEIS EM INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof.(a) Ma. Carla Caroline Alves Carvalho

POMBAL – PB

2022

S337a

Santos, Mel Gibson Figueiredo dos.

Análise comparativa do uso de tubulações rígidas e flexíveis em instalações hidráulicas prediais / Mel Gibson Figueiredo dos Santos. - Pombal, 2022.

28 f. : il. Color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia Alimentar, 2022.

"Orientação: Profª. Ma. Carla Caroline Alves Carvalho".

Referências.

1. Tubulações Flexíveis. 2. Projeto de Água Fria. 3. PVC. 4. Orçamento. I. Carvalho, Carla Caroline Alves. II. Título.

CDU 621.644(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

MEL GIBSON FIGUEIREDO DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE TUBULAÇÕES RÍGIDAS E FLEXÍVEIS EM
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente (MEL GIBSON FIGUEIREDO DOS SANTOS) **APROVADO** em 01 de abril de 2022 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande

Registre-se e publique-se.

Carla Caroline Alves Carvalho

Prof^a. Me. Carla Caroline Alves Carvalho
(Orientador – UFCG)

Elis Gean Rocha

Prof^a. Me. Elis Gean Rocha
(Membro Interno – UFCG)

Daniel Silas Oliveira Pereira

Eng. Daniel Silas Oliveira Pereira
(Membro Externo – Prefeitura São Mamede)

(In Memoriam)
Ao meu avô Absalão Rodrigues de
Figueiredo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e abençoar durante toda a graduação.

Agradeço a minha mãe, Maria José, pelo apoio infinito durante a minha graduação, ao meu pai, Humberto, pelo incentivo constante e ao irmão, Abraham, por ter deixado essa etapa mais leve. Agradeço a minha namorada, Camila por todo carinho e atenção, e pela parceria durante toda a graduação. Cada um de vocês está no meu coração.

Agradeço aos amigos e a família que de perto ou de longe sempre estiveram na torcida, e que vibram comigo o final dessa etapa. Vocês foram essenciais nessa trajetória.

Agradeço a minha orientadora, professora Carla Caroline Alves Carvalho por toda a dedicação e confiança no desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço aos componentes da banca avaliadora por terem aceito o convite e por contribuir com este trabalho.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a minha formação como profissional e pessoa.

Análise comparativa do uso de tubulações rígidas e flexíveis em Instalações hidráulicas prediais

Comparative analysis of the use of rigid and flexible tubing in building hydraulic installations

Mel Gibson Figueiredo dos Santos, email: melgibsonfs@gmail.com

Prof.(a) Ma. Carla Caroline Alves Carvalho, e-mail: carvcarolc@gmail.com

RESUMO

Na atual conjuntura do mercado da engenharia civil, a demanda e a necessidade por novas tecnologias e métodos capazes de tornar a execução dos projetos mais rápida e eficiente, incentiva os fabricantes a criarem materiais capazes de se adequar a este mercado. Surgem então, novas formas de dimensionamento e materiais nas áreas da construção civil, como nas instalações hidráulicas prediais, tal como o uso do polietileno reticulado, empregado como um material alternativo em relação ao PVC, que é o mais utilizado. Portanto, o objetivo desta pesquisa é analisar a aplicabilidade do PEX em um projeto hidráulico de edificação residencial multifamiliar, que foi previamente dimensionado considerando o uso de PVC, analisando o desempenho hidráulico em relação as perdas de carga e o custo das tubulações empregadas. Para tanto, adotou-se um projeto de instalação de água fria de uma edificação residencial multifamiliar e o dimensionamento foi realizado para atender os pontos de consumo dos apartamentos. A partir da simulação hidráulica, foi demonstrado que a instalação efetuada com o polietileno reticulado obteve maiores perdas de carga, resultando em uma pressão menor nos aparelhos se comparada a utilização do material mais usual. O comparativo econômico mostrou que a utilização do PEX é mais dispendiosa que o uso do PVC. No entanto, dada a praticidade de instalação que oferece, há vantagens construtivas na adoção desse material menos convencional.

Palavras-chave: Projeto de água fria; Tubulações flexíveis; PVC; Orçamento.

ABSTRACT

In the demand of the civil engineering market, a demand for new technologies and methods that are more current and capable of making the execution of materials faster, encouraging manufacturers to be efficient to serve this market. Then, new ways of dimensioning and new areas of civil construction arise, as in pre-dial hydraulic installations, such as the use of cross-linked polyethylene, used as an alternative material in relation to PVC, which is the most used. Therefore, the objective of this research is to analyze the PEX analysis in a hydraulic project of a multifamily residential building, which was previously dimensioned considering the use of PVC, analyzing the hydraulic performance in comparison with the load variations and the cost of the pipes used. For this, cold water installation of a multifamily residential installation project and the dimensioning was carried out for the consumption of the apartments. From the hydraulic simulation, it was shown that the installation carried out with the reticulated material obtained higher load losses, resulting in a lower pressure in the models, the use of the most usual material. The comparative comparison showed that the use of PEX is more expensive than the use of PVC. However, given the ease of installation it offers, there are constructive advantages in adopting this less conventional material.

Keywords: Cold water project; Flexible pipes; PVC; Budget.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, as grandes civilizações se estabeleceram e se desenvolveram próximas a cursos d'água, uma vez que o abastecimento de água para o consumo humano sempre foi uma das principais preocupações (NÓBREGA, 2021). A civilização romana é um exemplo disso, entre as grandes contribuições em técnicas de construção civil que o Império Romano deixou para a humanidade, foi a concepção de cidade circundada por canais, despontando a necessidade de investimento em projetos hidráulicos que garantissem o transporte de água para consumo humano e lazer (CREDER, 2013).

A partir do desenvolvimento de conceitos de saneamento e os avanços tecnológicos da construção civil, se tornou possível ter acesso à água potável diretamente em suas residências, a partir de instalações hidráulicas que possibilitavam atender o consumo dos indivíduos e assegurar aspectos higiênicos e potabilidade da água (SOUZA, 2011).

No Brasil, em relação a instalações prediais de água fria, a NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece as especificações para projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água fria tendo como objetivo a obtenção de economia das instalações, garantir a segurança, conforto dos usuários e atender critérios de higiene relacionados com a potabilidade da água.

A instalação predial de água fria é um sistema que tem como objetivo receber a água do abastecimento e entregar nos pontos de consumo, este sistema é composto normalmente por tubos, conexões, peças de utilização, equipamentos e reservatórios (TRONOLONE, 2005). Atualmente, o principal material utilizado para esses componentes é o Policloreto de Vinila (PVC) rígido, ganhando espaço frente a utilização de outras opções como metal, cerâmica e fibrocimento, uma vez que possui vantagens como menores custos e maior disponibilidade comercial (BOTELHO; JÚNIOR, 2010).

Nesse sentido, a constante busca por inovações tecnológicas ainda é necessária, visando a melhoria dos processos, diminuir prazos, cortar custos e reduzir impactos ambientais. Tratando-se de instalações hidráulicas, a utilização e substituição do convencional PVC pode trazer mais benefícios para o projeto, uma das alternativas é Polietileno Reticulado, mais conhecido como PEX.

O sistema de tubulações PEX é um tipo de instalação hidráulica flexível que pode ser utilizada em instalações de água fria e água quente e dependendo do seu uso final as tubulações PEX podem ser interessantes frente à utilização das tubulações rígidas (LOURENÇO; RODRIGUES, 2020), uma vez que apresentam baixas perdas de carga de água, alta resistência à pressão e temperatura, permite diferentes alinhamentos das instalações, entre outras vantagens (NÓBREGA, 2021).

Diante disso, a temática do presente trabalho se justifica pela necessidade de buscar espaço para a aplicação de novos materiais na tradicional indústria da construção civil. A tubulação de polietileno reticulado já é um recurso bastante utilizado no mercado europeu e norte americano, mas no Brasil a utilização do material ainda cresce lentamente (CURTINHAS, 2018).

As tubulações de PEX têm como uma das principais vantagens a sua flexibilidade que dispensa a utilização de conexões, podendo gerar uma economia considerável para a obra, uma vez que as instalações hidráulicas representam cerca 9 a 12% do custo total da obra (RIBEIRO, *et al.*, 2016). Além disso, o polietileno reticulado é totalmente higiênico, atóxico e livre de crescimento de microrganismos, impedindo a contaminação da água, tornando-o ideal para ambientes que necessitam de manutenções e inspeções

frequentes, como hospitais, clínicas, hotéis, restaurantes e até em obras de grande escala, onde o tempo é a principal restrição (CURTINHAS, 2018).

De acordo com Brandão (2010) as tubulações de PEX possuem um tempo de vida útil superior a materiais como PVC, Policloreto de Vinila Clorado (CPVC), Polipropileno Copolímero Random (PPR), cobre, aço-caborno, ferro fundido, sendo superior a 50 anos, desse modo, a longo prazo a utilização do material permite redução nos custos de manutenção e reparação.

Apesar das vantagens que podem ser utilizadas com a utilização do material ainda é limitado o conhecimento a respeito do dimensionamento de instalações hidráulicas com os sistemas de tubulações PEX, logo torna-se interessante o estudo da viabilidade técnica e econômica em alternativas as convencionais tubulações de PVC, a fim de saber em quais aspectos a utilização desses materiais se torna mais vantajosa.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa é analisar a aplicabilidade do PEX em um projeto hidráulico de edificação residencial multifamiliar, que foi previamente dimensionado considerando o uso de PVC. Dessa maneira, o dimensionamento das tubulações em PEX foi realizado segundo a norma NBR 15939:2011; com base nos resultados encontrados foi desenvolvida a análise comparativa do desempenho hidráulico relacionados à perda de carga em ambos materiais e quantificar os custos das tubulações dimensionadas nos diferentes cenários e materiais adotados.

Para tanto, esse trabalho foi organizado em 5 seções. Neste capítulo foi apresentado uma breve introdução acerca de instalações hidráulicas e os materiais utilizados, expondo de forma clara a justificativa deste trabalho, bem como os objetivos que se espera atingir. Em seguida, o referencial teórico abordará definições e conceitos iniciais dos materiais PVC e PEX. Na seção 3, será demonstrado o processo utilizado para o dimensionamento e a obtenção dos dados. Os resultados serão analisados e discutidos na seção 4, onde serão explanadas as comparações da utilização do material alternativo PEX frente ao PVC. Por fim, a seção 5 deste trabalho tratará da conclusão, demonstrando se os objetivos propostos foram alcançados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Instalação predial de água fria

Uma instalação predial de água fria constitui-se da associação de tubulações, equipamentos, reservatórios, conexões e dispositivos, destinados ao abastecimento dos aparelhos e pontos de utilização de água da edificação, sempre mantendo a quantidade suficiente e a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento (CARVALHO, 2020).

No Brasil, os projetos de instalações prediais de água fria são elaborados conforme a ABNT NBR 5626 (ABNT, 2020). De acordo com a norma, as instalações devem ser projetadas para que ao longo da vida útil do edifício atendam aos seguintes critérios: garantir a qualidade da água para o consumo; assegurar o fornecimento adequado a todos os pontos de consumo da edificação; evitar níveis de ruído inadequados à ocupação dos ambientes; garantir uma instalação econômica e de qualidade; proporcionar aos usuários peças de utilização localizadas de forma adequada e de fácil operação; minimizar o surgimento de patologias.

2.1.1 Sistemas de abastecimento

No que se refere ao abastecimento de uma edificação, pode ser realizado por meio da rede pública de abastecimento ou por um sistema privado. Assim, há várias formas da água chegar até o seu ponto final de utilização: sistema direto, sistema indireto e sistema misto.

O sistema direto é aquele em que a alimentação é feita diretamente da rede pública, sendo indispensável o abastecimento contínuo, abundante e com pressão suficiente, pois não se tem reservatórios. Enquanto isso, o sistema indireto é adotado quando a pressão na rede pública é suficiente para alimentar o reservatório superior. Por fim, o sistema misto é o mais usual, pois parte do abastecimento é feito pela rede pública e parte pelo reservatório superior (MACINTYRE, 2020).

2.1.2 Reservatórios

Em alguns países da Europa e nos Estados Unidos a água é fornecida diretamente pela rede pública, enquanto que no Brasil, as edificações costumam utilizar reservatórios superiores, os quais permitem que as instalações hidráulicas trabalhem em baixa pressão. Em geral, esses reservatórios são empregados para compensar a intermitência de água nas redes públicas devido a falhas existentes nos sistemas de abastecimento de água e nas redes de distribuição (CARVALHO, 2020). Dada a irregularidade do abastecimento da rede pública, a literatura recomenda dimensionar o reservatório com capacidade suficiente para consumo diário durante dois dias; o reservatório inferior deve armazenar 3/5 do consumo e o reservatório superior 2/5; como também prever a reserva técnica de incêndio, estimada em 15% a 20% do consumo diário (CREDER, 2013).

2.1.3 Pressões

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020), a pressão dinâmica mínima de água nos pontos de utilização precisa ser aquela que garanta a vazão de projeto. Em qualquer caso, a norma informa que a pressão dinâmica no ponto de utilização não deve ser inferior a 10 kPa (1 mca); já em qualquer ponto da rede predial de distribuição, a pressão dinâmica da água não deverá ser inferior a 5 kPa, via de regra os trechos verticais de tomada d'água nas saídas dos reservatórios elevados para os seus respectivos barriletes em sistemas indiretos, onde a pressão dinâmica em cada ponto é dado pelo desnível geométrico correspondente do nível mais baixo do reservatório, descontando a perda de carga no ponto considerado.

Quanto à pressão estática, a mesma não pode ser superior a 400 kPa (40 mca) em nenhum ponto da rede. Esta medida é tomada visando limitar a pressão e a velocidade da água em função de: ruído, golpe de aríete, manutenção e limite de pressão nas tubulações e nos aparelhos de consumo (BOTELHO, 2010). A ocorrência de eventuais sobrepressões devidas devem ser consideradas no dimensionamento das tubulações, e podem ser admitidas desde que não superem 200 kPa (20 mca) (ABNT, 2020).

2.1.4 Velocidades

Nos critérios de projeto, não há fixação de velocidade mínima, mas a velocidade máxima de escoamento na tubulação para manter os níveis de ruído dentro dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 10152, como também a integridade dos componentes, deve ser limitada a um valor que não provoque cavitação, principalmente em mudanças

de direção e reduções acentuadas de seção. O dimensionamento da tubulação com um limite máximo de velocidade de 3 m/s, limita a magnitude dos picos de sobrepressão, mas não impede a ocorrência do golpe de aríete (ABNT, 2020).

2.2 Policloreto de vinila (PVC)

2.2.1 Características gerais

Na construção civil, as instalações hidráulicas de água fria possuem como principal segmento a solução com a utilização do PVC. Atualmente, a demanda pela sua utilização ainda é superior à de qualquer outro material no que se trata de instalação hidráulica de água fria, já que este produto apresenta leveza, segurança e facilidade de instalação (SALGADO, 2010).

Geralmente, as tubulações destinadas ao transporte de água potável são realizadas com tubos plásticos (PVC), que são livres de corrosão. Nesse cenário, há vários fabricantes de tubulações e conexões em PVC, que para água fria, são utilizados dois tipos: PVC rígido soldável marrom, com diâmetros externos variando de 20 mm a 110 mm, e o PVC rígido roscável branco, com diâmetros que vão de 1/2" a 4" (CARVALHO, 2020).

Além disso, a NBR 5648 estabelece que o composto utilizado na confecção do tubo deve ser marrom, porém, devido às diferentes cores das matérias-primas naturais, são permitidas pequenas diferenças. O comprimento total do tubo deve ser de 6,0 m ou 3,0 m com tolerância de + 1,5 % em metros (ABNT, 2018).

De acordo com a norma, os tubos devem apresentar diâmetro externo e espessura mínima da parede conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões dos tubos de PVC-U

Diâmetro Nominal DN	Diâmetro externo DE	Diâmetro externo médio mm	Tolerância	Espessura mínima de parede mm	Tolerância
		<i>d_{em}</i>		<i>e_{mín.}</i>	
15	20	20,0		1,5	
20	25	25,0		1,7	+ 0,3
25	32	32,0		2,1	
32	40	40,0	+ 0,2	2,4	+ 0,4
40	50	50,0		3,0	
50	60	60,0		3,3	+ 0,5
60	75	75,0		4,2	+ 0,6
75	85	85,0	+ 0,3	4,7	
100	110	110,0		6,1	+ 0,8

Fonte: ABNT, 2018

Os tubos e conexões de PVC utilizados nas instalações de água fria são próprios para instalação em paredes e alvenaria, e quando instalados em áreas externas estes devem ser feitos em locais cobertos, pois o material é pouco resistente a radiação, que provoca perda da cor e ressecamento (SALGADO, 2010).

Em relação à pressão, deve conduzir água fria em sistemas prediais com pressão de serviço de até 75 mca e pode ter vida útil de 50 anos (TIGRE, 2016).

2.2.2 Linha roscável

Os tubos roscáveis são recomendados para instalações onde se encontre a necessidade de desmontagem da linha para a mudança de projeto, ou no caso de

manutenções. Apresentam como benefícios a facilidade de transporte, manuseio, estocagem e a própria desmontagem. Geralmente encontrado na cor branca, tem temperatura máxima de trabalho de 20°C (TIGRE, 2016). Além disso, possuem as espessuras de parede maiores que os equivalentes da linha soldável, isso por causa da confecção da abertura da rosca (AMANCO, 2018).

2.2.2.1 Tubos e conexões

A Tabela 2 ilustra alguns tubos e conexões da linha roscável.

Tabela 2 – Tubos e conexões de PVC roscável

Tubo de PVC	Joelho 90°	Curva 90°	Tê	Luva de Redução
				

Fonte: Adaptado de Amanco, 2018

2.2.2.2 Instalação

Na Figura 1, pode ser observado os processos de instalação do PVC roscável.

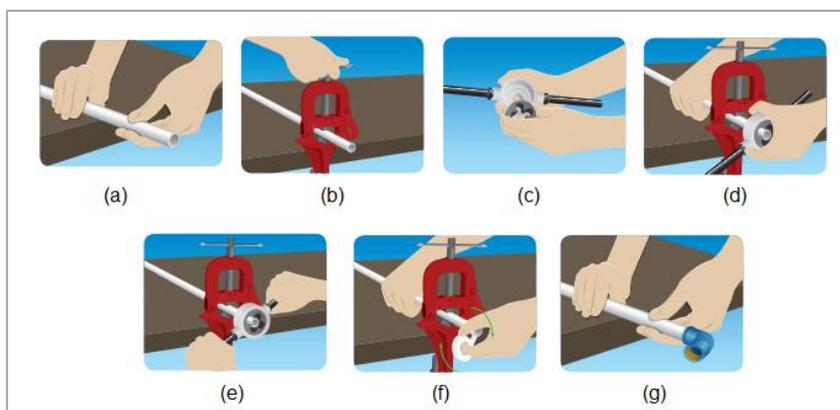


Figura 1 – Etapas construtivas do PVC roscável. (Fonte: Adaptado de Amanco, 2018)

Conforme orientação do fornecedor as etapas apresentadas na Figura 1 consistem em:

- Preparação do tubo para o corte em esquadro, evitando rebarbas;
- Fixação de tubo na morsa;
- Montagem da tarraxa, observando a colocação correta do cossinete;
- Colocar a tarraxa no tubo, pressionando e girando a ferramenta em sentido horário;
- O desenvolvimento da rosca deverá ser executado dando uma volta para a frente (sentido horário) e retornando um quarto de volta. A rosca desenvolvida no tubo deverá ter o comprimento igual à bolsa onde for interligada;

- (f) Aplicar fita veda-rosca na ponta do tubo, no mesmo sentido da rosca;
- (g) Retirar o tubo da morsa e executar a junta roscável.

2.2.3 Linha soldável

As tubulações em PVC soldável são consideradas o método mais empregado nas obras atualmente, fabricado geralmente na coloração marrom, utiliza somente um adesivo especial para fazer a junção das tubulações e suas conexões. Estão disponíveis nas seguintes formas: ambos os lados soldáveis; um lado soldável e o outro com rosca; e um lado soldável e outro com rosca e bucha de latão. (SALGADO, 2010).

O catálogo Tigre (2016) informa que os principais benefícios são a facilidade no transporte, estocagem e manuseio, pela leveza do material; facilidade na instalação, com junta soldável a frio de simples execução e não requerimento de equipamentos especiais.

Além disso, Carvalho (2020) acrescenta que as principais vantagens das tubulações e conexões de PVC são a durabilidade ilimitada, a resistência à corrosão e o baixo custo. As desvantagens encontradas: baixa resistência à luz solar e ao calor.

2.2.3.1 Tubos e conexões

A Tabela 3 ilustra alguns tubos e conexões da linha soldável.

Tabela 3 – Tubos e conexões de PVC soldável

Tubo de PVC	Joelho 90°	Curva 90°	Tê	Joelho 90° com bucha de latão	Luva com bucha de latão
					

Fonte: Adaptado de Amanco, 2018

2.2.3.2 Instalação

Na Figura 2, pode ser observado os métodos de instalação do PVC soldável.

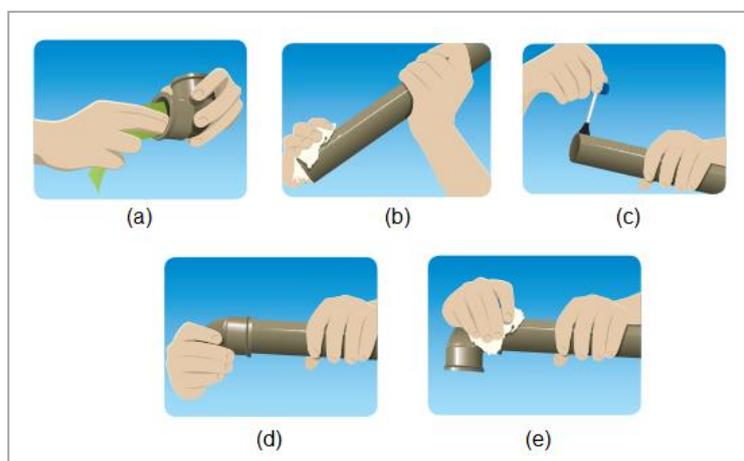


Figura 2 – Etapas de execução do PVC soldável. (Fonte: Adaptado de Amanco, 2018)

Conforme orientação do fornecedor as etapas de execução das juntas soldáveis na Figura 2 consistem em:

- (a) Cortar o tubo no esquadro e lixar a parte a ser soldada;
- (b) Limpar as superfícies lixadas com solução preparadora;
- (c) Aplicar uma camada uniforme de adesivo plástico PVC na parte interna da bolsa e externa do tubo;
- (d) Encaixar as peças até o fundo da bolsa, sem torcer;
- (e) Remover o excesso de adesivo plástico PVC e deixar secar. Aguardar uma hora para a liberação do fluxo de água e 12 horas para a submeter à pressão.

2.3 Polietileno Reticulado (PEX)

2.3.1 Características gerais

O Polietileno Reticulado ou simplesmente PEX, é um polímero de baixa densidade. A tecnologia foi desenvolvida pela primeira vez no continente Europeu e desde então vem se espalhando pelo mundo para diferentes aplicações. Está no mercado europeu há cerca de 30 anos, comprovando a durabilidade e desempenho do material. Inicialmente, foi introduzido na América do Norte em 1984 como duto para aquecimento de piso, e recentemente inserido em sistemas hidráulicos para transporte de água fria ou quente para consumo (DESIGN GUIDE, 2013).

Os sistemas de tubulação de polietileno reticulado têm sido associados à racionalização da instalação desde sua chegada ao Brasil na década de 1990. A flexibilidade da tubulação reduz o número de conexões, como joelhos e cotovelos, reduz o tempo de execução em até dez vezes em relação aos sistemas tradicionais de PVC e minimiza a chance de vazamentos. A maior vantagem do PEX é que ele pode aceitar água quente e fria, enquanto o PVC comum não suporta água quente (CARVALHO, 2020).

Assim como ocorre com outros materiais, o uso do PEX deve estar respaldado em um projeto que considere o seu uso, em produtos que atendam aos requisitos da NBR 15939 - Sistemas de Tubulações Plásticas para Instalações Prediais de Água Quente e Fria – Polietileno Reticulado (PE-X), que por sua vez é dividida em três partes: os aspectos gerais do produto; os procedimentos para projeto; e por último, os procedimentos para instalação (ABNT, 2011).

2.3.2 Composição

No mercado, podem ser encontrados dois tipos de tubulação em PEX, o tubo monocamada (convencional) e o tubo multicamada. O tubo monocamada é constituído basicamente pelo material constituinte PEX, apresentando grande durabilidade, flexibilidade e leveza. Ambas as versões, são fornecidas em bitolas: 16, 20, 25 e 32 mm, e com comprimentos em bobinas de 50 a 100 metros (TIGRE, 2016).

As principais informações técnicas podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades das tubulações de PEX monocamada

Propriedade do tubo	Valor	Unidade
Coefficiente de dilatação	1,4x10 ⁻⁴	m/m°C
Temperatura de serviço	80	°C
Temperatura de pico	95	°C
Pressão de serviço	60	m.c.a
Rugosidade	0,004	
Condutividade térmica	0,35	w/m°C
Densidade	938	Kg/m ³

Fonte: Tigre, 2016

A tubulação PEX multicamada é composta por 5 camadas principais, conforme apresentado pela Figura 3. É fabricado com uma camada de alumínio em seu interior, sendo esta camada separada com o suporte de um adesivo entre as partes de PEX e o alumínio, que absorvem a expansão térmica, evitando a formação de trincas nos tubos, sendo por este motivo mais utilizado para as instalações de água quente (TIGRE, 2016).

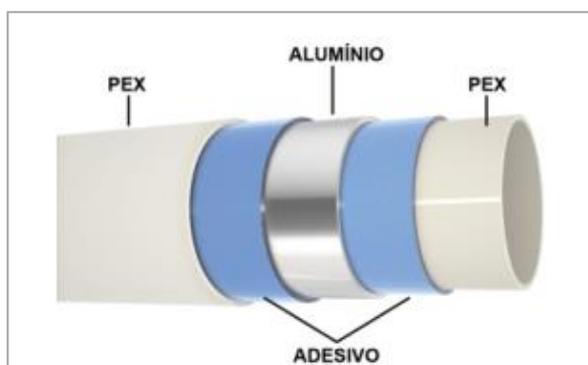


Figura 3 – Tubulação PEX multicamada. (Fonte: TIGRE, 2016)

A Tabela 5 traz as propriedades do tubo em PEX multicamada.

Tabela 5 – Propriedades das tubulações de PEX multicamada

Propriedade do tubo	Valor	Unidade
Coefficiente de dilatação	2,3x10 ⁻⁵	m/m°C
Temperatura de serviço	95	°C
Temperatura de pico	110	°C
Pressão de serviço	100	m.c.a
Rugosidade	0,004	
Condutividade térmica	0,35	w/m°C
Densidade	1470	Kg/m ³

Fonte: Tigre, 2016

2.3.2.1 Tubos e conexões

Segundo Barbi do Brasil (2018), as conexões são projetadas de forma a não utilizar juntas de borracha, nem conexões com anéis bicônicos, pois estes estão sujeitos ao envelhecimento e problemas de montagem, respectivamente.

Na Tabela 6, são apresentados alguns tipos de conexões para o sistema PEX.

Tabela 6 – Tubos e conexões de PVC soldável

Tubo de PEX monocamada	Anel deslizante	Conector fixo fêmea	Conector fixo macho	Joelho fêmea	Joelho macho	Tê macho	Módulo de distribuição com válvula
							

Fonte: Adaptado de Amanco, 2018

2.3.3 Instalação do sistema PEX

A utilização da tubulação flexível apresenta uma oportunidade de racionalizar a execução das instalações prediais, aumentando a precisão, agilidade e reduzindo a necessidade de mão de obra e itens a gerenciar. Outra vantagem deste sistema em relação aos sistemas convencionais é por ter uma instalação muito fácil. No entanto, é importante ressaltar que as conexões são crimpadas e requerem ferramentas especiais para sua instalação (CARVALHO, 2020)

Assim como as tubulações rígidas em PVC, o PEX pode ser instalado na forma de ramais e sub-ramais, com joelhos e conexões em “T”. Este tipo de instalação é utilizado porque requer um número menor de tubos, barateando a solução, porém perde os principais benefícios de um sistema flexível, que são a redução do número de conexões e a acessibilidade (NAKAMURA, 2013). Como pode ser visto na Figura 4.

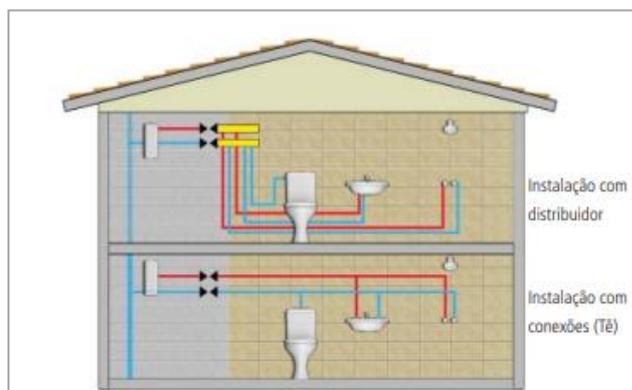


Figura 4 – Instalação do modo convencional e com distribuidor. (Fonte: TIGRE, 2016)

O sistema ponto a ponto ou Manifold, a água é distribuída por meio de um quadro com distribuidores que une diretamente aos pontos de consumo, ou seja, sem conexões intermediárias. Tal sistema utiliza-se das características do PEX para ser instalado dentro de conduítes, geralmente no final da obra, permitindo a futura substituição dos tubos sem danificar a alvenaria (CARVALHO, 2020).

Desta forma, é possível adotar diferentes formas de traçado, permitindo que os tubos sejam dispostos de maneira mais conveniente, para que sejam acomodados na laje ou pelo forro, conforme mostra a Figura 5.



Figura 5 – Instalação do sistema ponto a ponto (Manifold). (Fonte: TIGRE, 2016)

2.3.4 Montagem

As ferramentas de montagem e dispositivos, como o anel que une as conexões e terminais garantem ao sistema estanqueidade imediata, dispensando o uso de adesivos como nas instalações convencionais. As características do sistema PEX oferecem ao profissional encarregado da montagem condições para aumentar sua agilidade na execução, de forma limpa e com qualidade (EPEX, 2014).

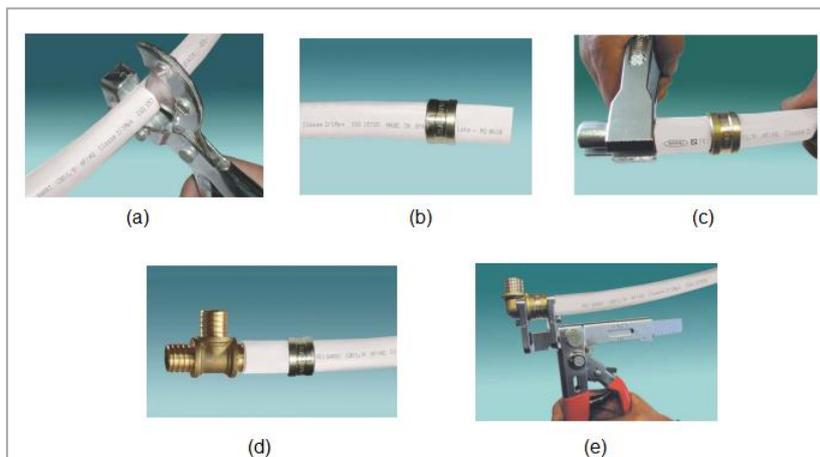


Figura 6 – Montagem do sistema PEX. (Fonte: Adaptado de BARBI, 2016)

Conforme demonstrado na Figura 6, tem-se que os procedimentos de montagem consistem em (BARBI, 2016):

- O corte deve ser feito em linha reta sem rebarbas, perpendicular ao seu eixo;
- Introduzir o anel deslizante no tubo;
- Deve-se alargar as extremidades do tubo, com o auxílio do alargador de tubos;
- A conexão deve ser introduzida na ponta que foi alargada do tubo, até a última nervura da conexão metálica;

- (e) Realizar pressões sucessivas, para acionar a prensa até o anel deslizante encostar na conexão.

3. METODOLOGIA

Para a compreensão do trabalho, primeiramente foi realizada uma pesquisa na literatura, onde foram selecionados materiais que apoiassem e descrevessem sobre o estudo. Em seguida, foi realizada a escolha do objeto de estudo: uma edificação multifamiliar com o dimensionamento do projeto produzido em PVC, para a realização do projeto hidráulico em PEX. A Figura 7 resume a metodologia proposta.

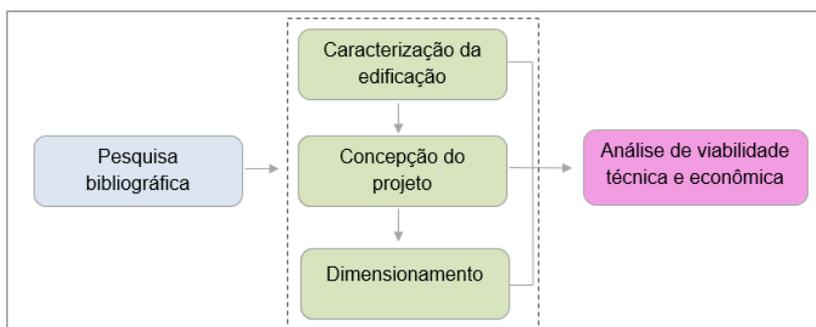


Figura 7- Fluxograma da metodologia. (Fonte: O Autor, 2022)

3.1 Caracterização da edificação

Para a realização da pesquisa, utilizou-se uma edificação multifamiliar padrão médio localizada no estado do Rio Grande do Norte, a mesma é composta por um pavimento térreo, três pavimentos tipo e a cobertura, na qual será lançado o reservatório superior.

O pavimento tipo é constituído por cinco apartamentos com área de 52 m² e cada apartamento dispõe de dois quartos, cozinha e área de serviço, uma sala e dois banheiros. A Figura 8 e a Figura 9 ilustram a vista em corte e a planta baixa do pavimento tipo, respectivamente.

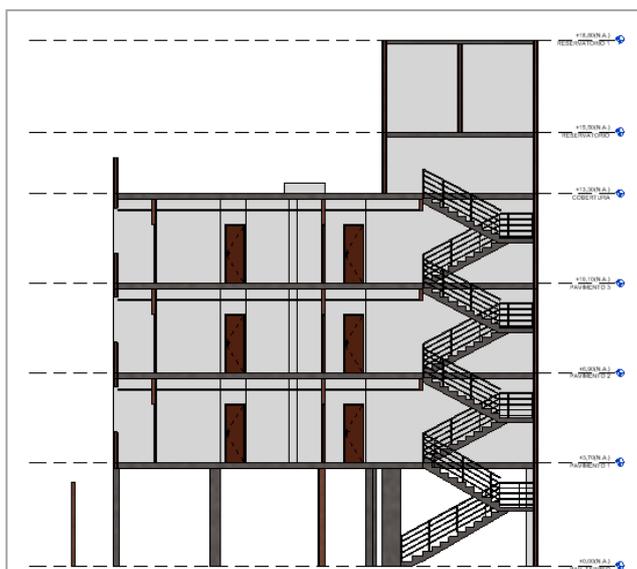


Figura 8 – Vista em corte da edificação. (Fonte: O Autor, 2022)



Figura 9 - Pavimento tipo da edificação. (Fonte: O Autor, 2022)

3.2 Concepção do projeto

Para a realização do dimensionamento das tubulações em PEX, foram analisados os traçados existentes em tubulação PVC, para que nesses mesmos trechos, posteriormente, sejam lançadas as tubulações em PEX, de acordo com a concepção adquirida do projeto.

O projeto analisado, foi efetuado da maneira convencional, partindo de uma coluna de água fria principal, derivando para os ramais que levam a água até cada apartamento em questão. Na entrada do ramal, a água passa por um registro geral e um hidrômetro para medição individualizada, em seguida a instalação é direcionada pelo teto e encaminha até aos pontos de utilização.

3.3 Dimensionamento

3.3.1 Dimensionamento hidráulico em PVC

Segundo a norma brasileira NBR 5626 (ABNT, 2020), para o procedimento de dimensionamento das tubulações da rede predial de distribuição é necessário seguir algumas etapas, que serão detalhadas mais a diante.

A determinação da vazão de um trecho de tubulação é realizada pela equação (1), na qual é baseada no consumo máximo provável.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\sum P} \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão estimada no trecho considerado (L/s);

$\sum P$ = é o somatório dos pesos relativos de todas as peças alimentadas pela tubulação considerada.

A partir de então, é necessário calcular a perda de carga unitária, que depois será multiplicada pelo comprimento virtual, para resultar na perda de carga da tubulação. A equação de perda de carga unitária para tubos lisos é apresentada na equação (2).

$$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * d^{-4,75} \quad (2)$$

Onde:

J = perda de carga unitária;

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

d = diâmetro utilizado, em mm.

Para determinação do comprimento total (L_t) soma-se o comprimento equivalente (L_{eq}) ao comprimento real (L_r), conforme a equação (3).

$$L_t = L_{eq} + L_r \quad (3)$$

Por fim, determina a perda de carga da tubulação, através da equação 4.

$$hf = J * L_t \quad (4)$$

Onde:

hf = é a perda de carga da tubulação do trecho;

J = perda de carga unitária;

L_t = comprimento total

3.3.2 Dimensionamento hidráulico em PEX

A norma NBR 15939 (ABNT, 2011) especifica que para a realização do dimensionamento hidráulico, determinação de consumo, assim como o dimensionamento das colunas ramais e sub-ramais, devem ser executadas de acordo com as NBR 7198:1993 (Projeto e execução de instalações prediais para água quente) e NBR 5626:1998 (Instalação predial de água fria).

No entanto, o dimensionamento dos ramais é feito pelo número de peças de utilização que este irá atender, conforme pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7 – Dimensionamento dos ramais

Condição	Diâmetro (mm)
Atende até 2 peças	16
Atende até 6 peças	20
Atende mais de 6 peças	25

Fonte: ABNT, 2011

O diâmetro mínimo dos sub-ramais (chuveiro, caixa de descarga, lavatório) é Ø 16 mm. Para o dimensionamento das colunas de água fria, usa o mesmo critério de pesos visto anteriormente. A partir da somatória de pesos, calcula-se a vazão e posteriormente determina-se o diâmetro ideal.

3.4 Orçamento

O orçamento é um estudo do custo total ou parcial de um projeto. Este custo equivale ao valor correspondente à soma de todas as despesas necessárias à sua execução. Cada orçamento é apresentado como uma previsão, portanto é uma aproximação, por mais cauteloso e criterioso seja elaborado o orçamento, ele não é necessariamente preciso, mas precisa seguir a linha de base correta e ter boa precisão (FERREIRA, 2019).

Segundo Mattos (2006), a etapa de levantamento de quantidades (ou quantitativos) é minuciosa e requer atenção do orçamentista, pois demanda leitura de projeto, cálculos de áreas e volumes, consulta a tabelas de engenharia, conversão de unidades,

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Traçado ramificado em PVC

O traçado ramificado parte do registro na entrada do apartamento, elevando em um ramal até acima do forro, dividindo em sub-ramais, um para alimentar a cozinha e área de serviço e outro para os banheiros do apartamento, derivam-se dos sub-ramais os trechos verticais para cada ponto de utilização. A Figura 10 e a Figura 11 ilustram o traçado adotado em planta e em isométrico para a instalação hidráulica com PVC.

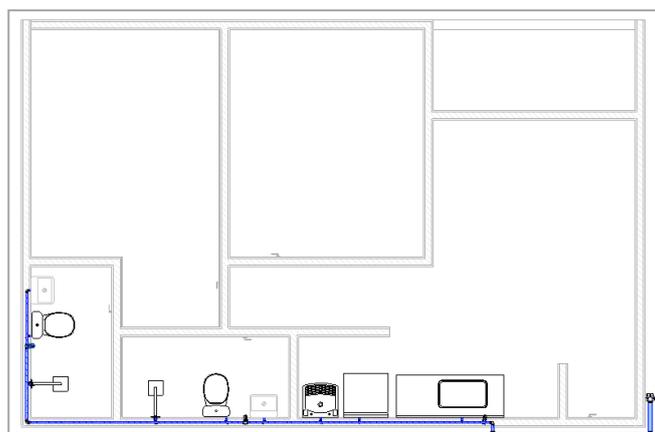


Figura 10 – Traçado do sistema ramificado em planta para o PVC. (Fonte: O Autor, 2022)

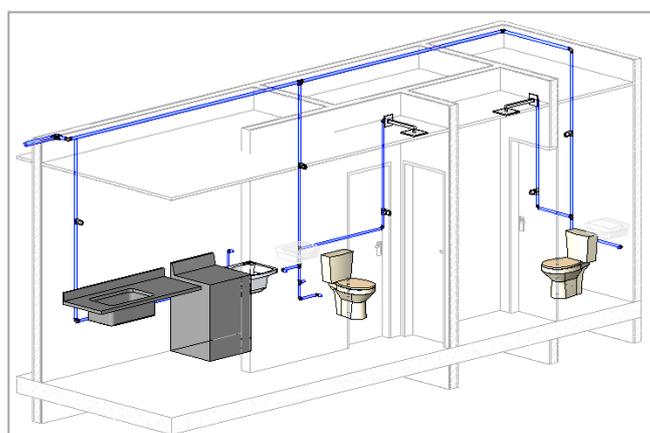


Figura 11 – Vista isométrica das instalações do apartamento para o PVC. (Fonte: O Autor, 2022)

4.2 Traçado ponto a ponto em PEX

O traçado ponto a ponto parte do registro geral localizado na entrada do apartamento, a partir do qual o ramal principal é levado até um módulo distribuidor que em associação, cada qual com três saídas que se encaminha para a pia da cozinha, a máquina de lavar roupas e o tanque da área de serviço, como mostra a Figura 12 e a Figura 13.

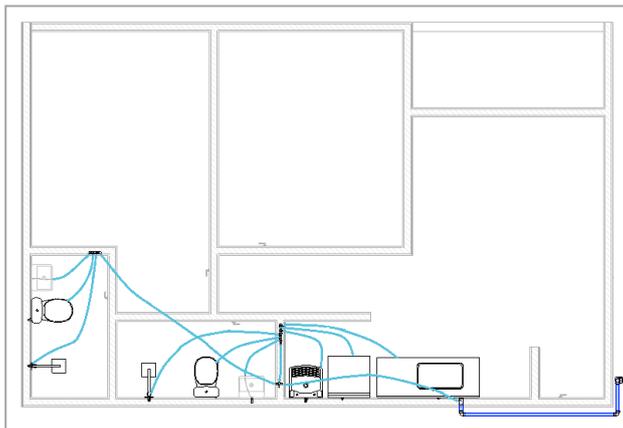


Figura 12 – Traçado do sistema ponto a ponto em planta para o PEX. (Fonte: O Autor, 2022)

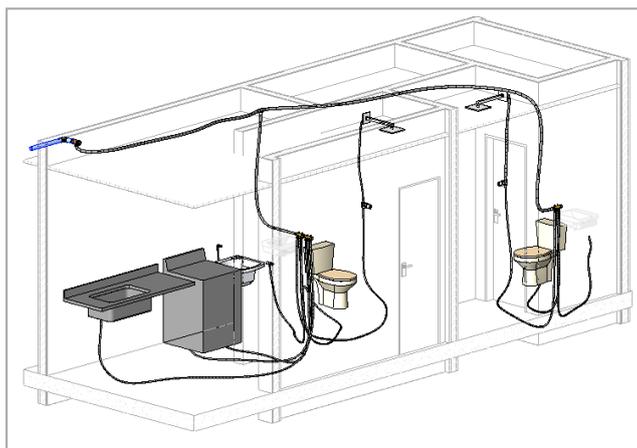


Figura 13 – Vista isométrica das instalações do apartamento para o PEX. (Fonte: O Autor, 2022)

Esse módulo distribuidor foi colocado em série para atender todos os pontos de consumo de um dos banheiros do apartamento. Prosseguindo, deste um sub-ramal é levado até um próximo distribuidor que alimenta as peças de utilização do banheiro. Vale lembrar que no sistema ponto a ponto, o traçado passa por baixo do piso do apartamento.

4.3 Comparativo hidráulico

Com base nos cálculos adquiridos e perdas de cargas equivalentes em metros de tubulação, referente às conexões, os cálculos necessários foram efetuados através de planilha, demonstrada nas Tabelas 8 e 9. Os seguintes dados e operações foram baseadas nas recomendações da NBR 5626:2020.

Tabela 8 – Trechos e parâmetros hidráulicos para o PVC.

Trecho	Peso relativo	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Norma 5626:2020
Entrada - Ramal principal	69	2,490	40	2,56	OK
Sub-ramal 1 - Cozinha	2,4	0,543	25	1,31	OK
Sub-ramal 1 - Pia	0,7	0,250	25	1,42	OK
Sub-ramal 1 - TQ	0,7	0,250	25	1,42	OK
Sub-ramal 1 - MLR	1	0,300	25	1,7	OK
Sub-ramal 2 - Banheiro	66,6	2,342	32	2,87	OK
Sub-ramal 2 - LV	0,3	0,159	25	0,615	OK
Sub-Ramal 2 - BS e DH	0,4	1,654	25	2,407	OK
Sub-ramal 2 - CH	0,4	0,190	25	0,932	OK
Sub-Ramal 3 - LV	0,4	0,153	25	0,598	OK
Sub-Ramal 3 - BS e DH	0,3	1,654	25	2,407	OK
Sub-Ramal 3 - CH	0,4	0,190	25	0,804	OK

Fonte: O Autor, 2022

O método recomendado e que atende ao critério do consumo máximo provável, é o método da Soma dos pesos. Observando a Tabela 8, verifica-se que alguns parâmetros hidráulicos coincidem-se ou possuem valores significantes próximos, como a coluna dos pesos relativos e as vazões que para ambos os materiais em questão, apresentam as mesmas peças de utilização, conforme pode ser vista na Tabela 9.

Tabela 9 – Trechos e parâmetros hidráulicos para o PEX.

Trecho	Peso relativo	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Norma 5626:2020
Entrada - Distribuidor 1	69	2,503	32	2,91	OK
Distribuidor 1 - Pia	0,7	0,251	16	0,987	OK
Distribuidor 1 - TQ	0,7	0,251	16	0,987	OK
Distribuidor 1 - MLR	1	0,300	16	1,05	OK
Distribuidor 1 - Distribuidor 2	66,6	2,342	32	2,96	OK
Distribuidor 2 - LV	0,3	0,192	16	0,528	OK
Distribuidor 2 - BS e DH	0,4	1,754	16	2,121	OK
Distribuidor 2 - CH	0,4	0,190	16	0,932	OK
Distribuidor 3 - LV	0,3	0,153	16	0,598	OK
Distribuidor 3 - BS e DH	0,4	1,754	16	2,121	OK
Distribuidor 3 - CH	0,4	0,190	16	0,932	OK

Fonte: O Autor, 2022

Os diâmetros na tubulação em PEX são relativamente menores se comparados ao material convencional e foram dimensionados seguindo as especificações de diâmetros mínimos para cada peça de utilização que determina a NBR 15939.

A velocidade em todos os trechos foi respeitada ao limite máximo de 3 m/s, que limita a magnitude dos picos de sobrepressão, mas não impedem o golpe de aríete (ABNT, 2020).

A perda de carga pode ser compreendida como a diferença entre a energia inicial e a energia final de um líquido, conforme ele flui de um ponto ao outro na canalização. As perdas podem ser: distribuídas (provocadas por movimentação da água na tubulação) ou

localizadas (produzidas por conexões, registros e válvulas) (CARVALHO, 2020). A Tabela 10 mostra o comparativo de perda de carga entre os materiais utilizados.

Tabela 10 – Comparação da perda de carga entre os materiais.

	PVC	PEX
Perda de carga total (m)	11,578	13,861

Fonte: O Autor, 2022

Como pode ser visto na Tabela 10, ao se comparar os resultados obtidos para os dois materiais percebe-se que a utilização do PEX ponto a ponto, resulta em uma perda de carga total um pouco maior do que o valor obtido no dimensionamento com o PVC. O que indica que a rugosidade dos tubos deste material é maior que a dos tubos de PVC. Segundo a TIGRE (2016), a rugosidade absoluta do PVC é de aproximadamente 0,0015 mm, enquanto que a rugosidade absoluta do PEX monocamada é de 0,004mm, conforme foi visto na Tabela 4.

De acordo com Carvalho (2020) são dois os fatores determinantes para que ocorra uma maior ou menor perda de carga: a viscosidade e a turbulência. Consequentemente, maior número de conexões, tubos mais rugosos, diâmetros menores e maior comprimento das tubulações causam mais atritos e choques, resultando em maiores perdas de carga. Tal fato, pode ser justificado observando a Tabela 12, onde o PEX apresenta comprimento maior de tubos em relação ao PVC.

Em sua pesquisa, Ligaj (2019) apresentou resultados relativos a resistência ao fluxo de água e as perdas de cargas através da instalação de três tipos de conexões em diferentes tubulações de polímeros: o PP-R e em PEX. Sendo assim, observou-se que para diferentes conexões instaladas em tubulação PEX, os valores de perdas de cargas e resistência mínima do fluxo de água foram menores em relação ao PP-R.

Segundo Wamberto (2017), embora sejam usadas menos conexões no traçado ponto a ponto, a perda de carga total também pode ser ligeiramente maior, isso ocorre devido a escolha do traçado que pode resultar no uso de uma grande quantidade de comprimento de tubo, o que aumenta a perda de carga linear distribuída.

4.4 Comparativo orçamentário

Neste quantitativo, será exposto o resultado para um apartamento, ou seja, a quantidade de tubos e acessórios presentes na cozinha, área de serviço e banheiros do apartamento sem levar em consideração o custo com a mão de obra. Para o levantamento dos custos e realização do orçamento para cada tipo de material utilizado, deve-se tomar como base os preços dos insumos praticados no mercado ou valores de referência, assim como, os levantamentos quantitativos de materiais. Dessa forma, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) é o mais indicado para este tipo de orçamento, nos trazendo valores próximos da realidade. É o mais utilizado no Brasil e o seu uso está respaldado no Decreto nº 7.983 (BRASIL, 2013). Nas Tabelas 11 e 12, são apresentados o quantitativo e orçamento dos materiais PVC e PEX, respectivamente.

Tabela 11 – Quantitativo dos materiais e orçamento em PVC.

Tubos e Conexões	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
Tubo PVC soldável DN 25mm	Metro	15,23	R\$ 11,29	R\$ 171,95
Tubo PVC soldável DN 32mm	Metro	12,16	R\$ 14,93	R\$ 181,55
Joelho 90° PVC soldável com bucha de latão DN 25mm	Unitário	7	R\$ 19,19	R\$ 134,33
Joelho 90° PVC soldável DN 25mm	Unitário	6	R\$ 6,18	R\$ 37,08
Tê PVC soldável DN 25mm	Unitário	8	R\$ 8,86	R\$ 70,88
Tê PVC soldável DN 32mm	Unitário	2	R\$ 15,03	R\$ 30,06
Luva de redução soldável DN 32mm	Unitário	8	R\$ 11,34	R\$ 90,72
Registro de gaveta bruto com canopia 3/4"	Unitário	3	R\$ 92,35	R\$ 277,05
Registro pressão DN 25x3/4"	Unitário	2	R\$ 87,66	R\$ 175,32
Total Apartamento				R\$ 1.168,94

Fonte: O Autor, 2022

Tabela 12 – Quantitativo dos materiais e orçamento em PEX.

Tubos e Conexões	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
Tubo PEX monocamada DN 16mm	Metro	35,28	R\$ 10,66	R\$ 372,55
Tubo PEX monocamada DN 32mm	Metro	9,66	R\$ 29,58	R\$ 285,74
Joelho 90° roscável fêmea DN 16x1/2"	Unitário	4	R\$ 29,79	R\$ 119,16
Joelho 90° roscável fêmea DN 16x3/4"	Unitário	4	R\$ 32,18	R\$ 128,72
Tê metálico DN 20mm	Unitário	2	R\$ 32,95	R\$ 65,90
Conector roscável fêmea DN 16mm	Unitário	8	R\$ 11,34	R\$ 90,72
Distribuidor 3 saídas	Unitário	3	R\$ 114,15	R\$ 342,45
Registro pressão DN 1/2"	Unitário	2	R\$ 83,43	R\$ 166,86
Total Apartamento				R\$ 1.572,10

Fonte: O Autor, 2022

A partir da observação dos valores obtidos, percebe-se que as instalações hidráulicas em PEX são significativamente mais caras que as mesmas instalações realizadas em PVC. Tal fato é esperado, visto que por ser ainda um material relativamente novo no país, com pouca disponibilidade no mercado, deve ser adquirida diretamente do fabricante, com isso os custos totais tendem a ser mais altos em relação ao PVC.

No entanto, pode-se dizer que mesmo com as vantagens oferecidas pelo sistema PEX, o custo global da tecnologia ainda é superior ao do sistema PVC, destacando-se o custo dos materiais como fator essencial. Portanto, na edificação estudada, o custo total do PEX para um apartamento é R\$ 403,16, ou seja, aproximadamente 34,5% superior ao seu concorrente PVC.

De maneira semelhante, em seu estudo de caso para uma edificação residencial multifamiliar (NÓBREGA, 2021) obteve que o custo do material em PEX representou um valor superior em aproximadamente R\$ 90.000,00, representando um percentual de 52,2% a mais que o PVC.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do projeto de instalação predial com a utilização da tubulação em PEX, para a edificação previamente projetada em PVC, permitiu analisar a viabilidade técnica e econômica da aplicação do material alternativo a partir do comparativo entre as variáveis: somatória dos pesos, vazão estimada, diâmetro da tubulação necessária para cada trecho, velocidade, perdas de carga e comprimento da tubulação.

A partir de então, os resultados apresentados indicaram que a utilização de PEX produz uma maior perda de carga no sistema, principalmente quando se utilizam tubos com diâmetro igual a 16 mm e diâmetro interno correspondente a 12 mm. Além disso, conforme a concepção do projeto, o número de tubos tendem a aumentar significativamente, fazendo com que as perdas de carga distribuídas também cresçam.

Apesar das diferenças, o polietileno reticulado apresenta vantagens importantes relacionados a prazos de execução, agilidade de instalação, redução nos gastos com desperdícios, capacidade de armazenamento, redução do uso de conexões que por ser um tubo flexível pode ser adotado diversas formas de traçado e a longa durabilidade, quase não precisando de manutenção e mesmo sendo necessária, pode ser feita sem quebrar a alvenaria, evitando gastos com material.

Logo, com base nos dados apresentados para o caso em estudo, pôde-se concluir que o material PEX apresentou custo total de aproximadamente 34% a mais que o PVC, provocando a sua inviabilidade no comparativo hidráulico e econômico frente ao outro consolidado material.

Sugere-se, para trabalhos futuros envolvendo o tema, abordar a composição orçamentária levando em consideração a mão de obra que está diretamente ligada aos custos e relacionar o tempo necessário para conclusão da execução da instalação, dado que o PEX apresenta maior facilidade de instalação, de forma que o tempo de execução possa interferir nos custos finais entre os dois materiais. Outro ponto a ser abordado, é a análise tempo de vida útil entre os materiais, a partir da investigação de surgimento de patologias que interferem na durabilidade dos materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANCO. Ficha técnica de instalações prediais em PEX, 2019. São Paulo: AMANCO, 2018. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 15939:2011; Sistemas de tubulações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X): Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. Parte 2: Procedimentos para o projeto. Parte: 3 Procedimentos para instalação. Rio de Janeiro, 2011.

BARBI. Tubos e conexões PEX, 2016. Várzea Paulista: BARBI, 2016. 16 p.

BOTELHO, Manuel Henrique Campos; RIBEIRO JÚNIOR, Geraldo de Andrade. Instalações hidráulicas prediais: usando tubos de PVC e PPR. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

BRANDÃO, Rosana Gouveia. Estudo de viabilidade de utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Decreto-lei nº 7.983, de 8 de abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia. Lex: coletânea da legislação: edição federal, Brasília, 8 abr. 2013.

CARVALHO JUNIOR, Roberto de. Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura. 12. ed. São Paulo: Blucher, 2020. 398 p.

CREDER, Hélio. Instalações hidráulicas e sanitárias. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 438 p.

CURTINHAS, André; SANTOS, Antônio Ap.; PAULA, Eliane de; RAMOS, Erivan; CURTINHAS, Gisele Gaspar. Projeto de Instalações de água fria utilizando PEX. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universitário Unifaat, Atibaia, 2018

EPEX IND. E COM. DE PLÁSTICOS, 2010. Publicação Eletrônica. Disponível em: <www.epexind.com.br>. Acesso em: 17 fev. 2022.

FERREIRA, Douglas de Deus. Planejamento e orçamento de obra: roteiro e estudo de caso de elaboração de um planejamento e orçamento de obras. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

LIGAJ, Kinga; WIDOMSKI, Marcin K.; MUSZ-POMORSKA, Anna. Minor pressure losses for different connections of PP-R and PEX installation pipes. E3S Web of Conferences. Lublin, Polônia, v. 100, p. 8, 2019.

LOURENÇO, A. F.; RODRIGUES, R. F. T. Sistema de tubulações flexível como solução eficaz para instalações hidráulicas. Revista Boletim de Gerenciamento, Rio de Janeiro, n. 21, 2020.

MACINTYRE, Archibald Joseph. Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020. 312 p.

MATTOS, Aldo Dórea. Como Prepara Orçamentos de Obras. 4. ed. São Paulo: Pini LTDA, 2006. 281 p.

NAKAMURA, Juliana. Condução racionalizada. Revista Techne, São Paulo, v. 192, n. 1, p. 22-30, 2013.

NÓBREGA, Karen Tayna Fernandes de Almeida. Análise da viabilidade econômica da utilização de PEX como alternativa ao PVC em projeto hidráulico de uma edificação multifamiliar. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

RIBEIRO, Ricardo Sobral P. *et al.* Qual percentual médio do orçamento corresponde a cada etapa da obra. 2016. UOL. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/universa/listas/qual-percentual-medio-do-orcamento-corresponde-a-cada-etapa-da-obra.htm>> Acesso em: 09 jan. 2022.

SALGADO, Julio. Instalação Hidráulica Residencial: A Prática do dia a dia. 1. ed. São Paulo: Erica, 2010.

SOUZA, Caroline Corrêa. Aspectos econômicos e hidráulicos da utilização do PEX como alternativa em projetos de instalações hidráulicas prediais. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

TIGRE. Catálogo técnico de instalações prediais em PEX, 2016. Joinville: TIGRE, 2016. 32 p.

TRONOLONE, Ernesto Sica. Instalações hidráulicas. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie – DAFAM, 2005. Guia de estudo.

WAMBERTO A. F.; Robério H. C. A.; Vinycius R. dos S. S.; Alanne F. de S.; Paloma C. M. de F.; Maria J. de S. C. Uma abordagem sobre sistemas hidráulicos prediais utilizando materiais não convencionais. Revista FENEC, João Pessoa, v. 2, p.527-536, 2017.