



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MARIANA SOUZA RAMOS

**ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE TÉCNICA E
ECONÔMICA PARA MATERIAIS DE TUBULAÇÃO (PVC, PPR E PEX)
UTILIZADOS EM INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA.**

Vitória da Conquista - BA

2023

R135e Ramos, Mariana Souza

Estudo comparativo de viabilidade técnica e econômica de tubulação (PVC, PPR e PEX) utilizados em instalações prediais de água fria. / Mariana Souza Ramos. --Vitória da Conquista : IFBA, 2024.

53 f.: il.: color.

Orientadora: Rossana Borges Cavalcante Vilar
Coorientador: Altemar Vilar dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Vitória da Conquista, 2024.

1. Instalação predial de água fria. I. Vilar, Rossana Borges Cavalcante. II. Altemar Villar dos Santos. III. Título.

CDD: 628.1

MARIANA SOUZA RAMOS

**ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE TÉCNICA E
ECONÔMICA PARA MATERIAIS DE TUBULAÇÃO (PVC, PPR E PEX)
UTILIZADOS EM INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, *campus* Vitória da Conquista - BA, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Rossana Borges Cavalcante Vilar

Coorientador: Prof. Dr. Altemar Vilar dos Santos

Vitória da Conquista - BA

2023

MARIANA SOUZA RAMOS

**ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
MATERIAIS DE TUBULAÇÃO (PVC, PPR E PEX) UTILIZADOS EM
INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA.**

O presente TCC, apresentado em sessão pública realizada em 14 de dezembro de 2023, foi avaliada como adequada para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Rossana Borges Cavalcante Vilar

Orientador - IFBA, campus Vitória da Conquista-BA

Prof. Dr. Altemar Vilar dos Santos

Coorientador - IFBA, campus Vitória da Conquista-BA

Prof^a. Silvana Garcia Viana

Examinadora - IFBA, campus Vitória da Conquista-BA

Prof. Joaz de Souza Batista

Examinadora - IFBA, campus Vitória da Conquista-BA

Vitória da Conquista - BA

2023

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, expresso minha profunda gratidão a Deus, fonte de força que guiou minha jornada neste caminho desafiador. Aos meus pais e ao meu irmão dedico um agradecimento sincero e especial, pelo apoio extremo e confiança depositada em mim ao longo desse processo. Estendo ainda, o agradecimento a minha tia Ruth pelo suporte prestado. Não posso deixar de reconhecer aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para o sucesso dessa trajetória. Às minhas amigas, Anna Laila, Géssica, Larissa e Sara, que foram meu porto seguro nos momentos mais desafiadores, vocês me deram suporte durante toda a jornada. Agradeço também a Thainá e Vitória, que me acompanham desde a infância e vibram a cada conquista. Um agradecimento especial aos companheiros que caminharam lado a lado comigo: Alisson, Cristian, Fernanda, Flávia, Júlia, Julianna, Lucas, Marcos, Nelson, Patrícia, Salatiel, Suellen, Thaine, Vinícius e, em memória, Dara. Com vocês, a jornada se tornou menos exaustiva, e cada desafio foi enfrentado com determinação e solidariedade. Às mentes brilhantes que compartilharam conhecimento e moldaram meu desenvolvimento profissional, expresso minha gratidão aos professores, em especial Altemar, pessoa que nutro admiração profunda e tenho como fonte de inspiração, obrigada por cada ensinamento compartilhado. Agradeço também pela oportunidade que tive de trabalhar com profissionais admiráveis durante a jornada acadêmica; em especial Jonathas, Raoni, Roque e Saulo, vocês foram essenciais na minha trajetória. Por fim, agradeço a minha orientadora Rossana, pelo apoio oferecido.

*"Uma mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original"*

Albert Einstein

RESUMO

A Engenharia Civil está inserida num contexto de constante evolução, ocasionando em buscas incessáveis por inovações no ramo. Com isso, essas otimizações objetivam possibilitar aprimoramentos nos processos construtivos, com a finalidade de conferir baixo custo, conforto e durabilidade ao resultado final. Dentre as diversas áreas da construção civil, pode-se destacar as instalações prediais de água fria, como um setor primordial e inerente ao bom funcionamento das edificações. Neste cenário, emerge a necessidade da aplicação de materiais que visam minimizar os custos, bem como viabilizar instalações mais modernas e práticas nesses sistemas. Sendo assim, o presente trabalho aborda um estudo comparativo de viabilidade técnica e econômica entre os três materiais mais empregados nesses sistemas, o Policloreto de Vinila (PVC), Polipropileno Copolímero Random (PPR) e Polietileno Reticulado (PEX). Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca dos materiais citados, abordando suas características e o contexto histórico. Ademais, foi feito um estudo de caso comparativo aplicado em uma residência unifamiliar na cidade de Vitória da Conquista, com base nas determinações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pela Norma Brasileira (NBR) 5626. Essas análises possibilitaram a compilação dos dados sobre desempenho, custo e instalação de cada sistema, evidenciando, portanto, a importância de estudos sobre as novas tecnologias que permeiam a construção civil.

Palavras-chave: Instalação predial de água fria; Inovação; PVC; PPR; PEX.

ABSTRACT

Civil Engineering is inserted in a context of constant evolution, resulting in incessant searches for innovations in the field. Therefore, these optimizations aim to enable improvements in construction processes, with the aim of providing low cost, comfort and durability to the final result. Among the various areas of civil construction, cold water installations can be highlighted as a key sector inherent to the proper functioning of buildings. In this scenario, there is a need to apply materials that aim to minimize costs, as well as enable more modern and practical installations in these systems. Therefore, the present work addresses a comparative study of technical and economic feasibility between the three materials most used in these systems, Polyvinyl Chloride (PVC), Polypropylene Random Copolymer (PPR) and Cross-linked Polyethylene (PEX). To this end, a bibliographical review was carried out on the materials cited, addressing their characteristics and historical context. Furthermore, a comparative case study was carried out applied to a single-family residence in the city of Vitória da Conquista, based on the determinations of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) by Brazilian Standard (NBR) 5626. These analyzes made it possible to compile data on performance, cost and installation of each system, therefore highlighting the importance of studies on new technologies that permeate civil construction.

Keywords: Building cold water installation; Innovation; PVC; PPR; PEX.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aquedutos Romanos	18
Figura 2. Partes constituintes do sistema predial de água fria	20
Figura 3. Barrilete concentrado	21
Figura 4. Barrilete ramificado	21
Figura 5. Tubos e conexões – Linha soldável	24
Figura 6. Tubos e conexões – Linha roscável	25
Figura 7. Termofusor	27
Figura 8. Instalação embutida	27
Figura 9. Tubulação aparente	27
Figura 10. Tubos e conexões.....	28
Figura 11. PEX monocamada.....	29
Figura 12. PEX multicamada	29
Figura 13. Instalação convencional	31
Figura 14. Instalação ponto a ponto.....	31
Figura 15. Planta baixa da edificação	32
Figura 16. Planta de cobertura da edificação	33
Figura 17. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do sanitário 01	35
Figura 18. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria dos sanitários 02 e 03	36
Figura 19. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do lavabo	36
Figura 20. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da cozinha...	36
Figura 21. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da área de serviço	37
Figura 22. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do barrilete..	37
Figura 23. Representação isométrica do barrilete	38
Figura 24. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do sanitário 01	41
Figura 25. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria dos sanitários 02 e 03	41
Figura 26. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do lavabo	41
Figura 27. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da cozinha...	42

Figura 28. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da área de serviço	42
Figura 29. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do sanitário 01	44
Figura 30. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria dos sanitários 02 e 03	45
Figura 31. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do lavabo	45
Figura 32. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da cozinha...	45
Figura 33. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da área de serviço	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensões básicas dos tubos de água fria – Soldável	23
Tabela 2. Dimensões básicas dos tubos de água fria – Roscável	24
Tabela 3. Tempo de termofusão para Tubos de PPR PN12, PN 20 e PN 25	26
Tabela 4. Diâmetro dos Tubos PPR.....	30
Tabela 5. Dimensionamento dos sub-ramais.....	38
Tabela 6. Dimensionamento dos ramais – Lavabo	38
Tabela 7. Dimensionamento dos ramais – Sanitários 01, 02 e 03	39
Tabela 8. Dimensionamento dos ramais – Cozinha.....	39
Tabela 9. Dimensionamento dos ramais – Área de serviço	39
Tabela 10. Dimensionamento do barrilete	39
Tabela 11. Dimensionamento dos sub-ramais.....	42
Tabela 12. Dimensionamento dos ramais – Lavabo	43
Tabela 13. Dimensionamento dos ramais – Sanitários 01, 02 e 03	43
Tabela 14. Dimensionamento dos ramais – Cozinha.....	43
Tabela 15. Dimensionamento dos ramais – Área de serviço	44
Tabela 16. Dimensionamento da tubulação em PEX – Lavabo	46
Tabela 17. Dimensionamento da tubulação em PEX – Sanitários 01, 02 e 03	46
Tabela 18. Dimensionamento da tubulação em PEX – Cozinha.....	46
Tabela 19. Dimensionamento da tubulação em PEX – Área de serviço.....	47
Tabela 20. Orçamento do custo de projeto da tubulação em PVC	47
Tabela 21. Orçamento do custo de projeto da tubulação em PPR.....	47
Tabela 22. Orçamento do custo de projeto da tubulação em PEX	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Materiais utilizados nas instalações prediais de água fria	13
2. JUSTIFICATIVA	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo geral	16
3.2. Objetivos específicos	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1. Contexto histórico	17
4.2. Normatização: Norma brasileira (NBR) 5626 (ABNT, 2020)	19
4.3. Partes constituintes do sistema predial de distribuição de água fria	20
4.3.1. Barrilete	21
4.3.2. Colunas, ramais e sub-ramais	21
4.4. Materiais	22
4.4.1. Policloreto de vinila – PVC	22
4.4.1.1. Linha soldável	23
4.4.1.2. Linha roscável	24
4.4.2. Polipropileno copolímero random – PPR	25
4.4.3. Polietileno reticulado – PEX	28
5. METODOLOGIA	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
6.1. Dimensionamento das tubulações em PVC	35
6.2. Dimensionamento da tubulação em PPR	40
6.3. Dimensionamento da tubulação em PEX	44
6.4. Análise dos resultados	47
7. CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A água sempre foi crucial para o desenvolvimento das civilizações e se apresenta de forma indissociável à história da humanidade. Tal fato fomentou processos intensos de desenvolvimentos técnicos nos sistemas de instalações prediais de água fria (SÁ, 2012). Este autor destaca as civilizações gregas e romanas como primórdios na implementação de sistemas de distribuição de água. A Grécia foi a pioneira em dispor de normas que regem o uso de água e os primeiros aquedutos foram construídos em Roma. Entretanto, foram gradativamente imersos e estabilizados em toda sociedade. A princípio, isso ocorreu pelo intenso processo de urbanização, viabilizado pela revolução industrial e o mercantilismo que ocorreram a partir do século XVII e XVIII (LANDI, 1993).

A constante evolução da tecnologia somada às experiências adquiridas no decorrer do tempo, proporcionaram o aprimoramento dos métodos e critérios adotados para a concepção, dimensionamento, execução e os tipos de materiais utilizados nos sistemas de distribuição predial de abastecimento de água (SÁ, 2012). O mesmo autor elenca a complexidade dos processos desse sistema, haja vista que ele é constituído por uma variedade de operações, trabalhos específicos e manejo de equipamentos. Posto isso, estudos que envolvem tecnologias para proporcionar melhorias é assumem um papel indispensável.

A complexidade intrínseca à execução de projetos de instalações prediais, incitam a obrigatoriedade da definição de métodos e critérios para sua realização. Neste contexto, surge a necessidade de normas regulamentadoras para mitigar os problemas e estabelecer parâmetros a fim de garantir a qualidade dos serviços que permeiam o contexto de instalações hidráulicas (SÁ, 2012).

A Norma Brasileira (NBR) 5626 aponta as condições mínimas e as exigências referentes aos projetos de instalações prediais de água fria e água quente (ABNT, 2020). Esta norma foi concebida com a finalidade de garantir que a instalação de água seja segura, sustentável e eficiente de forma que atenda aos requisitos de padrão de qualidade e potabilidade. Não obstante, visa solucionar possíveis problemas que possam surgir por falhas executivas ou utilização de material inadequado (ABNT, 2020).

O sistema predial de água fria é dividido em três subsistemas: sistema de alimentação, sistema de reservação e sistema de distribuição (CARVALHO JÚNIOR, 2018). Dessa forma, vários elementos são utilizados para fazerem a condução da água desde o abastecimento público até o ponto de consumo mais distante do edifício. Estes sistemas são compostos em sua essência por alimentadores prediais, ramais prediais, reservatórios, barriletes, colunas de distribuição,

ramais de distribuição, sub-ramais e pontos de utilização (SÁ, 2012).

1.1. Materiais utilizados nas instalações prediais de água fria

Para a implementação das instalações hidráulicas de água fria, torna-se imprescindível a elaboração de projeto em conformidade com as normas de referência, contemplando a legislação vigente. Os projetos têm a finalidade de determinar o traçado da rede e os diâmetros das tubulações utilizadas, acrescido de completo detalhamento com as diretrizes executivas (SÁ, 2012). A NBR 5626 regulamenta os materiais utilizados, os quais devem ser próprios para a condução de água potável, além de serem submetidos a métodos de ensaio antes de serem utilizados (ABNT, 2020).

No início da implementação das instalações prediais eram utilizados o chumbo e o cobre como material para condutos forçados. Isso decorre da ductilidade que os tornavam trabalháveis dentro das limitações impostas pela tecnologia da época (LANDI, 1993). Contudo, com o avanço tecnológico foram sendo inseridos outros materiais para essa finalidade e o Policloreto de Vinila (PVC) foi tomando o seu espaço, se tornando um material altamente consolidado nas instalações prediais de água fria (SÁ, 2012).

Com o intuito de aprimorar os processos que fazem parte da construção civil, buscou-se meios que otimizassem os custos e impulsionassem o desenvolvimento de novas técnicas construtivas e materiais. Neste cenário, alguns fornecedores tentaram oferecer inovações para instalações hidráulicas, para além do PVC. Sendo assim, outras opções como o Polipropileno Copolímero Random (PPR) e o Polietileno Reticulado (PEX) estão gradualmente ganhando espaço no mercado brasileiro, oferecendo benefícios comparativos em relação aos sistemas convencionais.

O PVC é amplamente utilizado no mercado por apresentar uma variedade de benefícios com alta disponibilidade de material e mão-de-obra. Ademais, é altamente resistente a fungos, insetos e roedores, além de apresentar um bom isolamento térmico, elétrico e acústico (BRANDING, 2023). O autor aponta ainda que, a forma como se apresenta no mercado, soldável ou roscável, potencializa o seu emprego na construção civil. Tubos e conexões com essas características possibilitam um sistema de montagem menos complexos, ocasionando uma facilidade de execução.

O PPR é um material que pode ser utilizado tanto em instalações de água fria quanto em instalações de água quente. As vantagens de se utilizar o PPR em instalações prediais, ocorre por ser um material atóxico e resistente a altos picos de temperatura e corrosão. Além de ser um

material que possibilita uma maior eficiência nas montagens em comparação aos produtos convencionais (TIGRE, 2016).

A tubulação flexível de PEX pode ser utilizada tanto para instalações de água quente quanto de água fria. A maleabilidade do material permite a construção de curvas, gerando uma diminuição significativa das conexões, além de reduzir o risco de vazamentos (TIGRE, 2016). O autor afirma ainda que, este material passa por percalços que dificultam o processo de instalação, pois, apesar de ser considerado simples, requer prática do operador. Nesse sentido, pode-se afirmar que é difícil encontrar mão de obra especializada em tubulações PEX, além da problemática que algumas regiões possuem no tocante a fornecedor especializado desse tipo de material.

2. JUSTIFICATIVA

A Engenharia Civil é uma área de conhecimento que busca incessantemente novas técnicas e materiais que possam otimizar os processos construtivos, com a finalidade de reduzir custos, sem que esse impacte negativamente no desempenho e na durabilidade das edificações. Sendo assim, a escolha adequada do material assume um papel importante na busca por sistemas mais eficientes e economicamente viáveis.

Diante deste cenário, torna-se relevante um estudo de viabilidade técnica e econômica, com viés comparativo, entre três materiais de tubulação mais utilizados em instalações prediais hidrossanitárias: PVC, PPR e PEX. A escolha desses materiais é fundamentada na sua relevância devido às características técnicas e potencial de aplicação.

Apesar do PVC ainda ser amplamente utilizado e difundido na construção civil, é essencial analisar se a inovação gerada pelo PEX e o PPR está sendo subestimada e pouco aderida na sociedade, bem como se os benefícios proporcionados pelos materiais mais modernos justificam sua adoção.

3. OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho estão descritos a seguir.

3.1. Objetivo geral

Elaborar um estudo comparativo entre os materiais de tubulação (PVC, PPR e PEX) mais utilizados em instalações prediais hidrossanitárias, a fim de avaliar a relação custo/benefício, para apreciação em obras em Vitória da Conquista.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica acerca dos materiais de tubulação PVC, PPR e PEX, evidenciando suas características técnicas, propriedades físicas, bem como suas aplicações em instalações prediais de água;
- Comparar os custos de aquisição e instalação de cada material, considerando fatores como preço de mercado, disponibilidade regional e custos associados à mão de obra;
- Proceder com um estudo de caso em edificação residencial aplicando os diferentes materiais de tubulação, a fim de coletar dados sobre o desempenho de cada sistema.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A necessidade de proporcionar um fornecimento de água potável que possibilite níveis de conforto e qualidade ao usuário, fez com que as instalações prediais de água se aprimorassem e buscassem constante evolução no decorrer dos anos (SÁ, 2012). Atrelado à evolução desse viés, as normas que regem os projetos de dimensionamento se apresentam cada vez mais restritivas, com o objetivo de garantir o cumprimento às exigências de utilização. O autor evidencia que os materiais utilizados nesse sistema devem ser escolhidos de forma que atenda as especificações do dimensionamento, além de oferecer uma relação positiva de custo/benefício. Sendo assim, o presente trabalho se insere nesse contexto para analisar a viabilidade técnica e econômica do PVC, PPR e PEX.

4.1. Contexto histórico

Sabe-se que a higiene, saúde corporal e os princípios que permeiam o saneamento, estão enraizados na sociedade desde as civilizações antigas. Contudo, as instalações prediais, não se apresentavam da forma como são vistas atualmente, incorporando recursos modernos como privacidade, fornecimento de água potável, água quente e eliminação de ruídos. A evolução deste sistema, relativamente recente, está intrinsecamente correlacionada ao poder aquisitivo da sociedade contemporânea (LANDI, 1993).

O conhecimento acerca das instalações prediais na antiguidade é limitado e consiste, essencialmente, nos estudos arqueológicos. Uma vez que a escassez de documentos escritos é acentuada, e os poucos documentos que existem são de origem grega ou latina. Ademais, as escavações em regiões como a Índia, Egito, Babilônia, Kish apresentavam ruínas de um sistema de instalações de grande qualidade, destoando da precariedade (LANDI, 1993). Entretanto, a qualidade não era proporcional à disseminação. Ainda segundo o mesmo autor os restos fósseis encontrados em regiões nobres, comprovam que esse não era um benefício generalizado, sendo restrito aos reis, sacerdotes e corte.

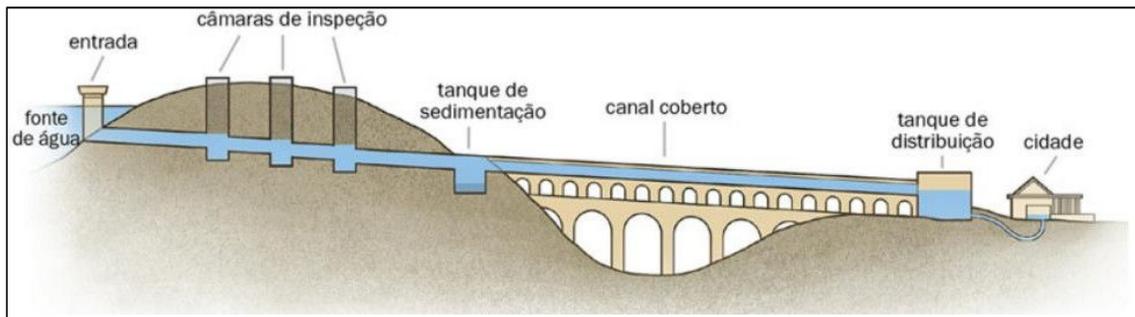
Só a partir da metade do século XIX, através de uma revolução na arquitetura, que facultou a implementação dos sistemas prediais de água com o objetivo de oferecer água potável (CARVALHO JÚNIOR, 2018). O autor afirma que os imbróglis encontrados para empregar os projetos de instalações hidráulicas consistia, dentre os diversos fatores, na complexidade que aumentou de forma significativa, com a inserção das instalações prediais como parte fundamental de projetos de edificações. Percebe-se que até aquele momento, as questões relacionadas à alvenaria e estrutura eram as maiores preocupações nos processos construtivos.

Apesar da incorporação das instalações prediais, por longos anos, a área foi tratada de forma subestimada. Esse fato diverge da relevância inerente às instalações prediais de água fria no âmbito da construção civil. É crucial destacar que as patologias decorrentes de práticas inadequadas neste ramo são de magnitude elevada, comprometendo a segurança e qualidade do serviço ofertado. Não obstante, as exigências e a complexidade das instalações hidráulicas assumem papel crescente ao decorrer dos anos (CARVALHO JÚNIOR, 2018).

Ao fazer uma análise nas primeiras civilizações, observa-se que os documentos antigos escritos na Grécia salientam que a água assumia um papel religioso importante, devido a sua utilização em cerimônias religiosas, como o batismo (LANDI, 1993). Posto isso, a água era tratada como um bem, havendo cuidados com sua qualidade e sua origem. O mesmo autor pontua que além do papel religioso que esse bem natural assumia, os povos que habitavam na Grécia costumavam utilizar a água para banhos, não como um hábito de higiene, mas como um complemento da atividade humana.

Roma por sua vez, se destaca por apresentar aquedutos (Figura 1), que configuram um cenário de proeza na engenharia antiga. Classificados como uma estrutura que foi historicamente utilizada para transportar água de um local a outro, os aquedutos construídos tinham a finalidade de abastecer as cidades, mesmo que fossem edificadas em locais com fontes abundantes de água (LANDI, 1993).

Figura 1. Aquedutos Romanos.



Fonte: Jw.org, 2023.

Os materiais comumente utilizados nas instalações hidráulicas na antiguidade se restringiam ao chumbo e cobre, devido à adaptabilidade desses materiais e às tecnologias da época (LANDI, 1993). Esse autor destaca que em decorrência dos efeitos prejudiciais dos sais de chumbo à saúde, os tubos desse material eram constantemente empregados com revestimento interno de estanho. Tal prática aumentava também a resistência à corrosão do material.

O intenso processo de urbanização atrelado à revolução industrial que ocorreram no século XIX, resultaram em transformações significativas na área das instalações prediais. Ambos fatores impulsionaram não apenas o crescimento econômico, como intensificaram o poder de compra da população.

O avanço tecnológico e a produção em larga escala inseriram soluções inovadoras, com um custo mais baixo devido à produção em larga escala. Com o passar do tempo, de forma gradativa, as pessoas passaram a se adequar aos novos sistemas e equipamentos dos sistemas hidráulicos, haja vista que os sistemas de distribuição pública (água, gás e coleta de esgoto) foram sendo inseridos de forma mais incisiva e crescente nos grandes centros urbanos (LANDI, 1993).

4.2. Normatização: Norma brasileira (NBR) 5626 (ABNT, 2020)

A NBR 5626 aborda as premissas e requisitos que envolvem operação, execução, projeto e manutenção aplicados aos sistemas prediais de água fria e água quente, se restringindo aos sistemas de água potável (ABNT, 2020). A referida norma define o sistema predial de água fria como um conjunto de equipamentos hidráulicos destinados a transportar e direcionar a água da fonte aos pontos de utilização, sem comprometer o padrão de potabilidade.

Os sistemas de abastecimento de água devem ser concebidos de modo a garantir a potabilidade, sendo fornecido de forma contínua, em quantidade adequada atendendo aos valores de pressões e vazões previstos para o bom funcionamento dos aparelhos sanitários e peças de utilização, além de manter temperaturas adequadas ao uso. Nesse sentido, é crucial garantir que não ocasione ruídos inconvenientes para os ocupantes dos espaços, além de considerar fatores como acesso facilitado para inspeção e manutenção do sistema (ABNT, 2020).

Para a elaboração do projeto é essencial a coleta de informações, a fim de caracterizar o consumo predial e a oferta de água disponível. Estes parâmetros serão importantes para determinar as vazões máximas e médias solicitadas no empreendimento conforme o perfil estimado de consumo. Assim como, viabilizará análises acerca da disponibilidade de vazão, atrelada à faixa de variação de pressão na rede, constância do fornecimento de água e a qualidade das águas disponíveis (ABNT, 2020).

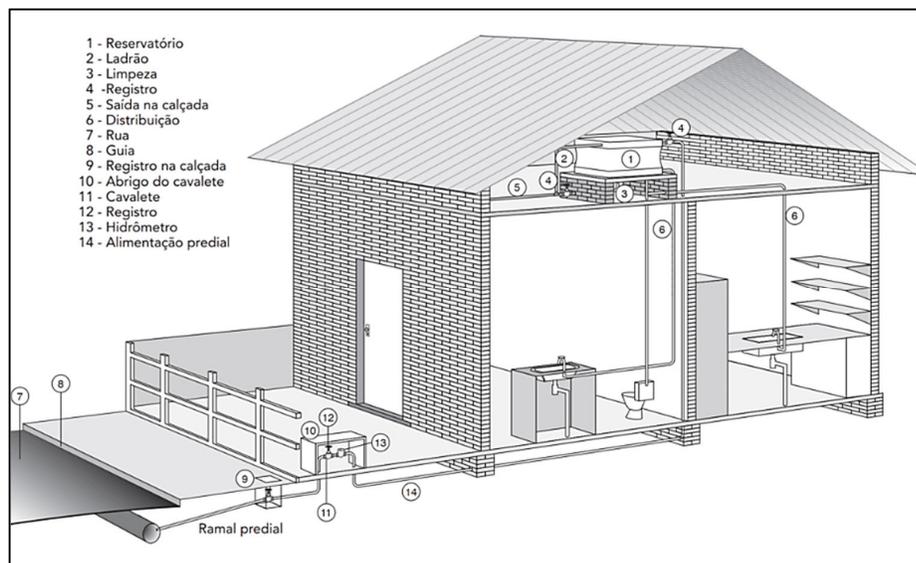
É imperativo que a qualidade da água seja preservada ao especificar e selecionar materiais para a execução do sistema predial de água fria. Para tanto, a NBR 5626, aponta critérios que devem ser seguidos rigorosamente para a garantia de que os materiais e

componentes em contato direto com a água não interfira na sua potabilidade. Além de não prejudicar o desempenho desses materiais em relação às demandas que lhes serão impostas durante o uso prático pelas características da água e pelas condições do meio que estão inseridos (ABNT, 2020). Essa norma recomenda que, informações técnicas dos componentes devem incluir quaisquer restrições ou limitações que se apliquem. É de suma importância que os componentes em contato direto com a água sejam resistentes à corrosão e selecionados de forma peculiar, a fim de se considerar as particularidades de cada sistema.

4.3. Partes constituintes do sistema predial de distribuição de água fria

Integram o sistema predial de água fria o conjunto de tubulações, equipamentos e reservatórios que apresentam a finalidade de garantir o fornecimento adequado de água para os mais variados pontos de utilização (ABNT, 2020). Como partes constituintes dessas instalações, apresentam-se o subsistema de alimentação, o subsistema de reservação e o subsistema de distribuição, que operam em consonância para garantir que as pressões estáticas e dinâmicas estejam em conformidade com as normas e os requisitos descritos no projeto (CARVALHO JÚNIOR, 2018). A Figura 2 exibe uma representação gráfica dessas instalações.

Figura 2. Partes constituintes do sistema predial de água fria



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Os sistemas de instalações prediais devem ser elaborados visando facilitar os processos de manutenção. Para tanto, é necessário viabilizar uma distribuição feita por setorização, que possibilite a manutenção de qualquer parte do sistema, sem ocasionar interrupções de funcionamento generalizada (ABNT, 2020). Posto isso, torna-se imprescindível a previsão de

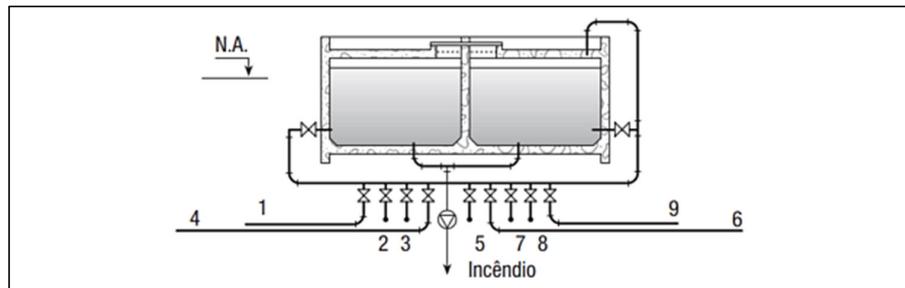
registros de fechamento ou de dispositivos que apresentam idêntica finalidade.

4.3.1. Barrilete

O barrilete é o primeiro componente constituinte do sistema de distribuição de água fria, formado por tubulações que se originam nos reservatórios e do qual emanam as colunas de distribuição (BOTELHO, 2010). É empregado nas instalações prediais com a finalidade de sanar as problemáticas que poderiam surgir caso todas as colunas fossem conectadas diretamente ao reservatório (CARVALHO JÚNIOR, 2018).

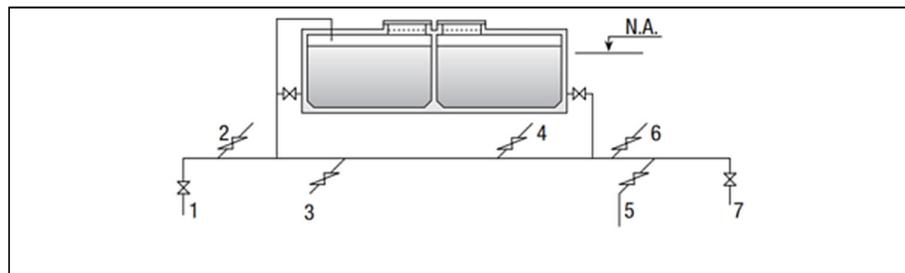
O barrilete apresenta duas categorias: ramificado e concentrado. O barrilete concentrado (Figura 3), apesar de apresentar tubulações com maiores dimensões, simplifica a manutenção. Ademais, torna o controle e a segurança mais eficazes, uma vez que os registros de manutenção se restringem a uma única área (CARVALHO JÚNIOR, 2018). Já o tipo ramificado (Figura 4) por permitir uma quantidade menor de tubulações próximas ao reservatório e uma melhor distribuição dos registros, revela-se uma opção mais econômica (BOTELHO, 2010).

Figura 3. Barrilete concentrado



Fonte: Botelho, Manoel; Ribeiro Júnior, Geraldo, 2010.

Figura 4. Barrilete ramificado



Fonte: Botelho, Manoel; Ribeiro Júnior, Geraldo, 2010.

4.3.2. Colunas, ramais e sub-ramais

O sistema de distribuição compreende, além do barrilete, as colunas, ramais e sub-ramais. As colunas de distribuição, provenientes do barrilete, conduzem o fluxo de água por

meio de tubulações verticais até os ramais. Vale ressaltar, que cada coluna deverá conter um registro à montante do primeiro ramal. Ademais, quando há a utilização de válvulas de descarga, recomenda-se a implementação de colunas exclusivas ou a adoção de colunas de ventilação, em virtude da retrossifonagem (ABNT, 2020).

O dimensionamento dos ramais, ocorre de forma segmentada, uma vez que há variação na vazão conforme a quantidade peças de utilização conectadas aos sub-ramais que o ramal alimenta. Visando o isolamento do ramal para manutenção, os registros devem ser instalados antes do primeiro sub-ramal (BOTELHO, 2010).

O sub-ramal é caracterizado por se localizar a montante das peças de utilização (ABNT, 2020). É crucial ressaltar que para garantia do bom funcionamento do sistema, cada peça requer uma pressão mínima de serviço, além de apresentar limites de pressão dinâmica e estática que devem ser respeitados durante o dimensionamento (BOTELHO, 2010).

4.4. Materiais

Os materiais empregados na execução dos sistemas prediais de água fria, devem garantir a qualidade da água e serviço ofertado. A escolha deste material deve ser fundamentada na NBR 5626, haja vista que a norma aponta as condições exigíveis, os critérios e a maneira pelas quais devem ser projetadas as instalações de água fria (ABNT, 2020). Define ainda que, tanto os tubos quanto as conexões podem ser de aço galvanizado, cobre, ferro fundido, PVC rígido, PEX, dentre outros. Para tanto, devem atender às condições mínimas e limitantes de pressão, bem como, garantir a potabilidade da água ofertada. Os materiais comumente utilizados nos sistemas de distribuição de água fria, encontram-se descritos nos tópicos seguintes (CARVALHO JÚNIOR, 2018).

4.4.1. Policloreto de vinila – PVC

Inicialmente eram utilizados materiais metálicos, cerâmicos e de fibrocimento para a execução de instalações hidráulicas. Contudo, com a revolução tecnológica na implementação dos sistemas hidráulicos, o PVC passou a compor este cenário. Essa substituição, gerou impactos significativos nos processos construtivos, conferindo uma maior celeridade, reduzindo os custos e a necessidade de materiais empregados. Além disso, o PVC possibilitou uma maior disponibilidade de componentes e acessórios específicos, potencializando a versatilidade das soluções hidráulicas (BOTELHO, 2010).

Conquanto o PVC apresenta uma resistência mecânica inferior quando comparado aos

materiais utilizados nos sistemas antecessores, sua aceitabilidade nessa área foi intensa. Posto que, essa desvantagem é facilmente superada com benefícios oferecidos por esse material (BOTELHO, 2010).

Embora o PVC tenha surgido no século XIX, só na década de 30 do século passado que foi implementado na construção civil, garantindo um abastecimento de água com as características exigidas (SÁ, 2012). O PVC é um material plástico que apresenta 57% de cloro e 43% do eteno, que por meio de processos repetidos de polimerização transformam o hidrocarboneto em polímero (BRANDING, 2023). Salienta-se que a aplicação do PVC se restringe às instalações de água fria, devido à sua baixa resistência térmica. Contudo, oferece alta resistência à corrosão contra grande parte dos agentes químicos, apresenta baixa condutividade elétrica e atoxicidade. Essas características o tornam ideal para o transporte de água potável (SÁ, 2012).

O PVC é comercializado de duas formas: linha soldável e linha roscável. Apesar de apresentarem alta similaridade, os processos de conexões e montagem os distinguem. As características estão descritas nas seções seguintes.

4.4.1.1. Linha soldável

As tubulações soldáveis geralmente se apresentam no mercado na coloração marrom, e proporcionam ao usuário uma instalação facilitada, uma vez que a conexão dos tubos é feita com aplicação de solda química. Essa linha é indicada para instalações permanentes, embutidas em paredes ou aparentes. A Tabela 1 apresenta os diâmetros comerciais das tubulações soldáveis e a Figura 5 apresenta alguns tipos de conexões (Amanco, 2019).

Tabela 1. Dimensões básicas dos tubos de água fria – Soldável

Diâmetro Nominal (DN)	Diâmetro Externo (DE)	Espessura (e)
15 mm	20 mm	1,5 mm
20 mm	25 mm	1,7 mm
25 mm	32 mm	2,1 mm
32 mm	40 mm	2,4 mm
40 mm	50 mm	3,0 mm
50 mm	60 mm	3,3 mm
65 mm	75 mm	4,2 mm
75 mm	85 mm	4,7 mm
100 mm	110 mm	6,1 mm

Fonte: Adaptado pelo autor de Amanco, 2019.

Figura 5. Tubos e conexões – Linha soldável



Fonte: Adaptado pelo autor de Amanco, 2019.

4.4.1.2. Linha Roscável

Apesar da linha roscável apresentar a mesma finalidade da linha soldável, que é conduzir água potável nos sistemas prediais de água fria; os tubos e conexões dessa linha possuem paredes mais espessas, devido ao modelo de conexão. Por apresentar valores mais elevados do que a tubulação soldável, essa linha das tubulações PVC está em desuso. Sua aplicação é recomendada em instalações provisórias ou em locais que precisam ser desmontados com frequência, haja vista que apresenta fácil desmontagem que, por sua vez, viabiliza a manutenção do sistema. A Tabela 2 fornece os diâmetros comerciais das tubulações soldáveis e a Figura 6 retrata as alternativas de conexões comerciais (Amanco, 2019).

Tabela 2. Dimensões básicas dos tubos de água fria – Roscável

Diâmetro Nominal (DN)	Diâmetro Externo Médio (dem)	Espessura (e)
1/2"	21 mm	2,5 mm
3/4"	26 mm	2,6 mm
1"	33 mm	3,2 mm
1 1/4"	42 mm	3,6 mm
1 1/2"	48 mm	4,0 mm
2"	60 mm	4,6 mm

Fonte: Adaptado pelo autor de Amanco, 2019.

Figura 6. Tubos e conexões – Linha roscável



Fonte: Adaptado pelo autor de Amanco, 2019.

4.4.2. Polipropileno copolímero random – PPR

Desenvolvido pelos Europeus em 1954 através de derivações químicas, o polipropileno é uma resina poliolefínica, composta essencialmente por petróleo e, apresenta propriedades semelhantes às do polietileno de alta densidade (SÁ, 2012). Existem três variações do polipropileno: o polipropileno homopolímero, polipropileno block e polipropileno copolímero random. O polipropileno copolímero random é utilizado para transportar água fria e quente, na medida em que possui alto desempenho e durabilidade (TIGRE, 2016).

A aplicabilidade desse material abrange instalações prediais tanto residenciais quanto comerciais e recreativas. O PPR apresenta uma gama de benefícios, por ser um material cujas conexões são feitas soldadas. Essa característica dispensa a utilização de colas, anéis de vedação e roscas, implica no baixo desperdício de materiais, bem como uma alta eficiência relacionada à vazamentos. Este cenário confere ao material uma maior precisão de instalação, resultando num sistema ecologicamente correto com processos mais rápidos (Tigre, 2016).

Ademais, o PPR garante absoluta potabilidade da água transportada, excelente isolamento térmico, redução de ruídos no sistema, alta resistência química que o torna altamente resistente à corrosão. Arelado a esses fatores, ainda apresenta um desempenho hidráulico acentuado devido às paredes internas lisas, além de proporcionar facilidade de transporte e manuseio (TIGRE, 2016).

Contudo, há desvantagens ao utilizar o PPR nas instalações prediais de água. Uma vez que ocasiona uma obrigatoriedade de construção de uma rede linear de tubulação, gerando perdas de carga localizadas acentuadas. Ademais, necessita de mão de obra e materiais

especializados para execução, por apresentar uniões mais complexas e ser um material que há a necessidade de se trabalhar com elevadas temperaturas (SÁ, 2012).

Os tubos PPR se apresentam de três formas no mercado: PN 12, PN 20 e PN 25, que se diferem em relação a resistência à pressão e temperatura. Posto isso, os tubos PN 12 são utilizados restritamente em instalações de água fria e resistem até 100 m.c.a, para temperaturas médias de 27°C. O PN 20 e o PN 25 são fabricados para resistirem a 80 m.c.a e 60 m.c.a respectivamente, para temperatura máxima de 95°C. Estes produtos possuem diâmetros que variam de 20 mm à 110 mm, como as conexões são termofundidas, para cada diâmetro comercializado há um tempo de aquecimento e tempo de resfriamento correspondente, como apresentado na Tabela 3 (AMANCO, 2019).

Tabela 3. Tempo de termofusão para Tubos de PPR PN12, PN 20 e PN 25

Diâmetro	Tempo de aquecimento	Intervalo para acoplamento	Tempo para resfriamento
20 mm	5 s	4 s	2 min
25 mm	7 s	4 s	2 min
32 mm	8 s	6 s	4 min
40 mm	12 s	6 s	4 min
50 mm	18 s	6 s	4 min
63 mm	24 s	8 s	6 min
75 mm	30 s	8 s	6 min
90 mm	40 s	8 s	6 min
110 mm	50 s	10 s	8 min

Fonte: Adaptado pelo autor de Amanco, 2019.

O método de montagem ocorre por meio de termofusor, que quando comparado a outros métodos de soldagem tracionais é considerado relativamente simples, entretanto, devido ao tipo de solda esse processo requer mão de obra e equipamentos especializados. O processo de soldagem acontece quando o termofusor, apresentado na Figura 7, possibilita a união do tubo e da conexão ao elevá-los a uma temperatura de 260°C (TIGRE, 2016).

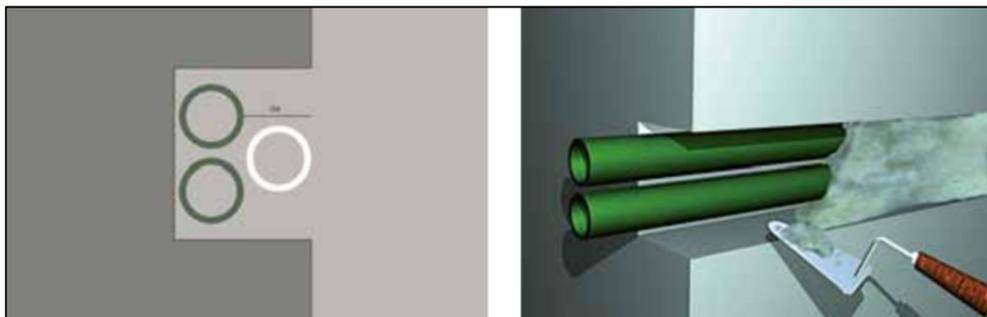
Figura 7. Termofusor



Fonte: Ferramentas Kennedy, 2023.

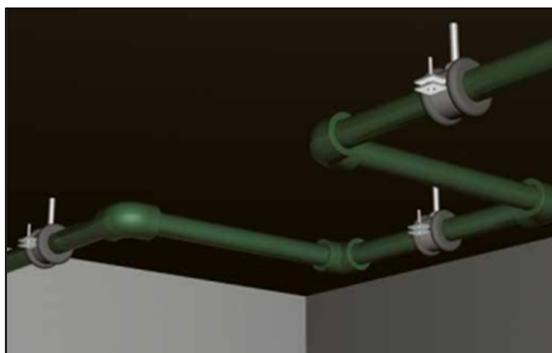
As tubulações podem ser instaladas embutidas ou aparentes. Nas instalações embutidas (Figura 8), a tubulação deve ser localizada a uma profundidade mínima igual ao diâmetro da tubulação, sendo recoberta com argamassa de baixa resistência. Os sistemas que empregam tubulações aparentes (Figura 9) devem ser instalados de forma que assegurem a dilatação térmica natural. Para tanto, utiliza braçadeiras alternadas entre pontos de fixação e pontos de deslizamento. Os pontos de fixação devem ser colocados em todas as alterações de direção da instalação hidráulica e os pontos de deslizamento são responsáveis por permitir o deslocamento da tubulação (TIGRE, 2016). A ABNT NBR 15813 regulamenta as instalações que utilizam o PPR.

Figura 8. Instalação embutida



Fonte: Adaptado pelo autor de Tigre, 2016.

Figura 9. Tubulação aparente



Fonte: Adaptado pelo autor de Tigre, 2016.

A Figura 10 apresenta as conexões mais utilizadas nos sistemas que empregam o PPR.

Figura 10. Tubos e conexões



Fonte: Adaptado pelo autor de Amanco, 2019.

4.4.3. Polietileno reticulado – PEX

Ao submeter o polietileno de alta densidade à reticulação, obtém-se o polietileno reticulado (PEX), material que confere soluções flexíveis para o transporte de água fria e quente. Essa tubulação emerge no contexto em que a construção civil busca por inovações que facilitem os processos construtivos, prometendo superioridade aos materiais já consolidados. É regulamentado segundo a ABNT NBR 15939. Utilizado em larga escala na Europa, as tubulações PEX são as que mais crescem no âmbito mundial, por possibilitarem uma instalação facilitada e prática (TIGRE, 2016).

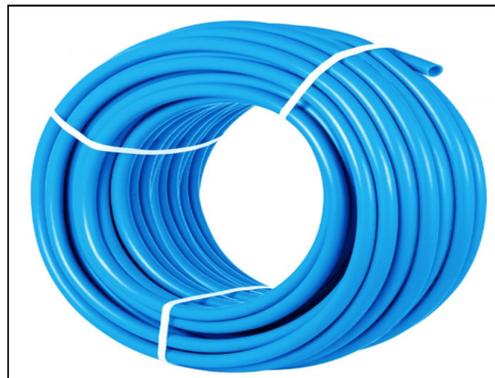
O sistema de instalação predial constituído por PEX, consiste no conjunto de tubos, semelhantes a mangueiras, conectados a um módulo distribuidor que conduz a água para os pontos de consumo e as conexões utilizadas são anéis deslizantes. A flexibilidade desse material possibilita uma redução significativa no tempo de instalação, dado que permite a redução acentuada das conexões, pois a tubulação é capaz de fazer curvas com grandes angulações. (TIGRE, 2016)

Por serem comercializados em bobinas de 50 a 100 metros e apresentarem massa considerada leve, os tubos de PEX proporcionam uma aquisição, transporte e armazenamento facilitados, além de diminuir de forma significativa o desperdício de material na obra, tendo em vista que são cortados em qualquer tamanho. Vale ressaltar que este material apresenta baixa condutividade térmica, garantindo a estabilidade da temperatura do fluido e alta resistência à corrosão, suportando agressão de água ácida ou alcalina sem sofrer alteração da sua composição, que por sua vez, implica na alta durabilidade do material (TIGRE, 2016).

Além das vantagens citadas anteriormente, esse material se destaca por possibilitar a utilização de bitolas menores, visto que as paredes internas lisas melhoram o desempenho hidráulico e a flexibilidade do material faz com que os valores de perda de carga contínua e localizada sejam baixos. Contudo a implementação desse material ainda se limita por necessitar de mão de obra e equipamentos especializados, apresentar vulnerabilidade aos raios ultravioletas, permeabilidade dos gases, atrelado à baixa disponibilidade no mercado (TIGRE, 2016) (SÁ, 2012).

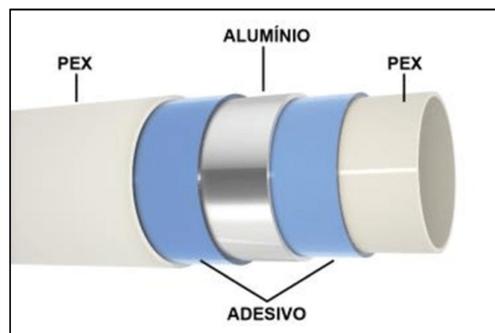
O PEX é apresentado no mercado de duas maneiras: O PEX monocamada (Figura 11) e o PEX multicamada (Figura 12). O primeiro é formado unicamente por polietileno reticulado e possui conexões fabricadas em latão. Já o segundo tipo possui uma camada interna de alumínio, no qual um adesivo separa as camadas de PEX e alumínio. Além disso, o PEX multicamada promove uma barreira de oxigênio, conferindo baixa rugosidade e estabilidade ao material. Nas instalações de água fria é comumente utilizado o tipo monocamada, já que o PEX multicamada é mais adequado em instalações de água quente, por apresentar um coeficiente de dilatação menor e maior resistência à altas temperaturas e pressão (TIGRE, 2016). A Tabela 4 apresenta os diâmetros comerciais dessas tubulações.

Figura 11. PEX monocamada



Fonte: Vevor, 2023.

Figura 12. PEX multicamada



Fonte: Researchgate, 2023.

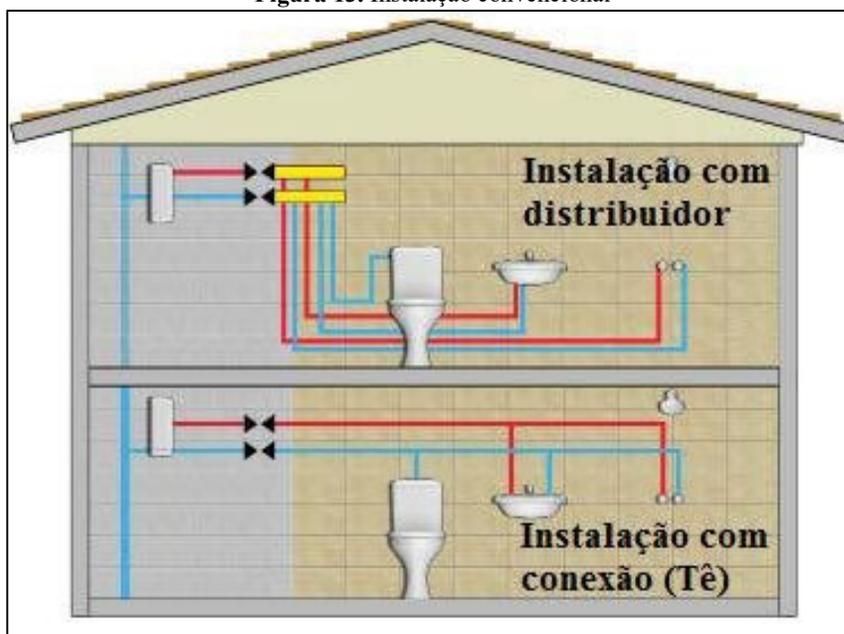
Tabela 4. Diâmetro dos Tubos PPR

Diâmetro Nominal	Diâmetro exterior		Classe de Pressão			
			1,25 (MPa)		2,00 (Mpa)	
	Espessura					
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
12 mm	12,00 mm	12,30 mm	1,30 mm	1,60 mm	1,70 mm	2,00 mm
16 mm	16,00 mm	16,30 mm	1,50 mm	1,80 mm	2,20 mm	2,60 mm
20 mm	20,00 mm	20,30 mm	1,90 mm	2,20 mm	2,80 mm	3,20 mm
25 mm	25,00 mm	25,30 mm	2,40 mm	2,80 mm	3,50 mm	4,00 mm
32 mm	32,00 mm	32,30 mm	3,00 mm	3,40 mm	4,40 mm	5,00 mm
40 mm	40,00 mm	40,40 mm	3,70 mm	4,20 mm	5,50 mm	6,20 mm
50 mm	50,00 mm	50,50 mm	4,60 mm	5,20 mm	6,90 mm	7,70 mm
63 mm	63,00 mm	63,60 mm	5,80 mm	6,50 mm	8,60 mm	9,60 mm
75 mm	75,00 mm	75,70 mm	6,80 mm	7,60 mm	10,30 mm	11,50 mm
90 mm	90,00 mm	90,90 mm	8,20 mm	9,10 mm	12,30 mm	13,70 mm
110 mm	110,00 mm	111,00 mm	10,00 mm	11,10 mm	15,10 mm	16,80 mm
125 mm	125,00 mm	126,20 mm	11,40 mm	12,70 mm	17,10 mm	19,00 mm
140 mm	140,00 mm	141,30 mm	12,70 mm	14,10 mm	19,20 mm	21,30 mm
160 mm	160,00 mm	161,50 mm	14,60 mm	16,20 mm	21,90 mm	24,20 mm

Fonte: Adaptado pelo autor de Sá, 2012.

O PEX apresenta dois tipos de instalação: Instalação convencional e instalação ponto a ponto. A instalação convencional (Figura 13) segue sistema similar às tubulações rígidas em PVC, sendo aplicado o sistema de ramais e sub-ramais, com a utilização de conexões como joelhos e tês. Esse tipo proporciona a economia de tubos e, em contrapartida não possibilita o aproveitamento de uma das maiores vantagens das instalações em PEX, a flexibilidade. Já na instalação ponto a ponto (Figura 14), a distribuição da água ocorre de forma direta de um quadro com distribuidores para os pontos de consumo. Esse sistema utiliza a flexibilidade do PEX a seu favor, gerando uma menor utilização de conexões e maior facilidade de manutenção (TIGRE, 2016).

Figura 13. Instalação convencional



Fonte: Tigre, 2016.

Figura 14. Instalação ponto a ponto



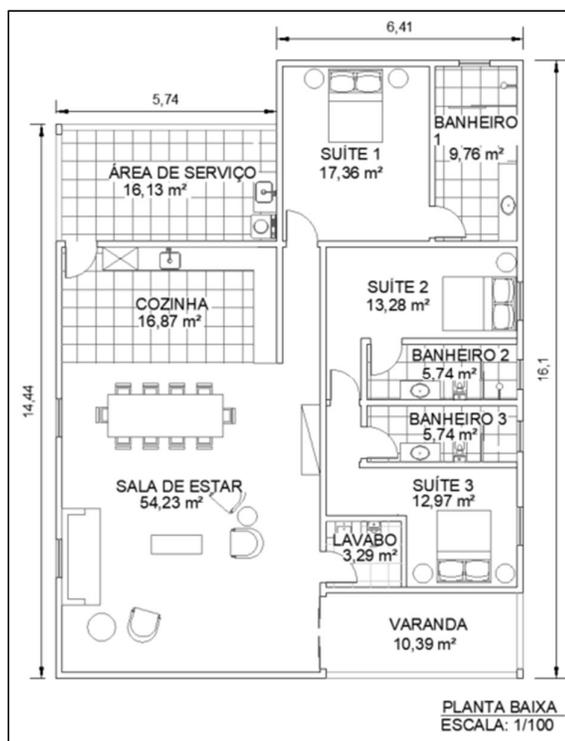
Fonte: Merc, 2023.

5. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste na abordagem de natureza qualitativa e quantitativa acerca dos materiais utilizados em instalações prediais de água fria (PVC, PPR e PEX). A abordagem quali-quantitativa conciliará a pesquisa documental com um estudo de caso, que aprofundará no objeto de estudo em análise (GRUPO PROMINAS, 2019).

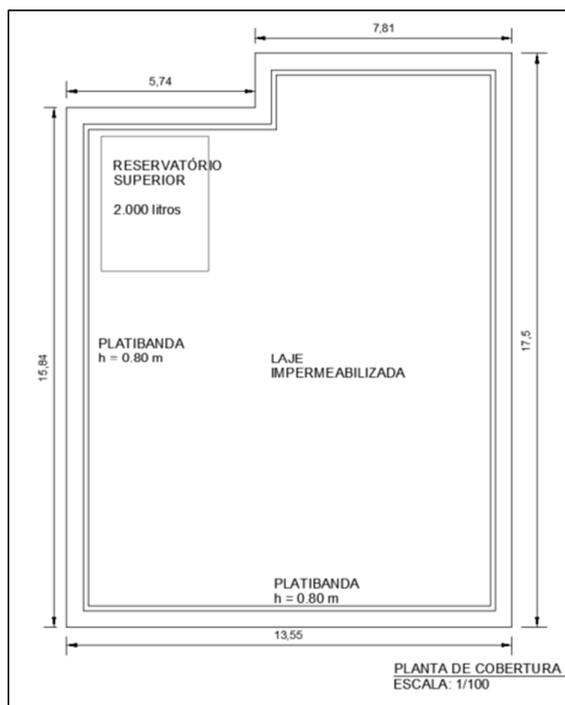
Com base no referencial teórico desenvolvido, foi estruturado um estudo de caso - comparativo - em uma residência unifamiliar de um único pavimento de aproximadamente trezentos e noventa e sete metros quadrados. Essa residência é composta por seis áreas molhadas. As figuras 15 e 16 apresentam o detalhamento do objeto de estudo.

Figura 15. Planta baixa da edificação



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 16. Planta de cobertura da edificação



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para a concretização do estudo de viabilidade técnica e econômica, foi desenvolvido o dimensionamento das tubulações do sistema de distribuição da rede hidráulica da residência para os três tipos de materiais escolhidos. Esse dimensionamento, foi consolidado na NBR 5626 e referências bibliográficas especializadas (ABNT, 2020). Para tanto, empregou o método do consumo máximo provável, que assume a baixa probabilidade do uso simultâneo de vários aparelhos em um mesmo ramal, o que o torna mais eficaz nos dimensionamentos residenciais (CARVALHO JÚNIOR, 2018).

No que tange à determinação dos diâmetros das tubulações, foi empregado o método da soma dos pesos, que é recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 2020). Este método atribui um valor de peso correspondente a cada peça de utilização, conforme a Tabela A.1 da NBR 5626 (ABNT, 1998). Com base nisso, pôde-se determinar a vazão máxima provável (CARVALHO JÚNIOR, 2018).

Para as tubulações em PVC e PPR, os sub-ramais foram dimensionados em conformidade com a peça de utilização que ele alimenta. Cada peça de utilização apresenta um diâmetro mínimo, estabelecido através de ensaios laboratoriais. Quanto aos ramais, colunas e barrilete, no intuito de viabilizar um dimensionamento econômico, estes foram divididos em trechos que apresentavam mesma vazão. Posteriormente, utilizou-se o Nomograma de pesos,

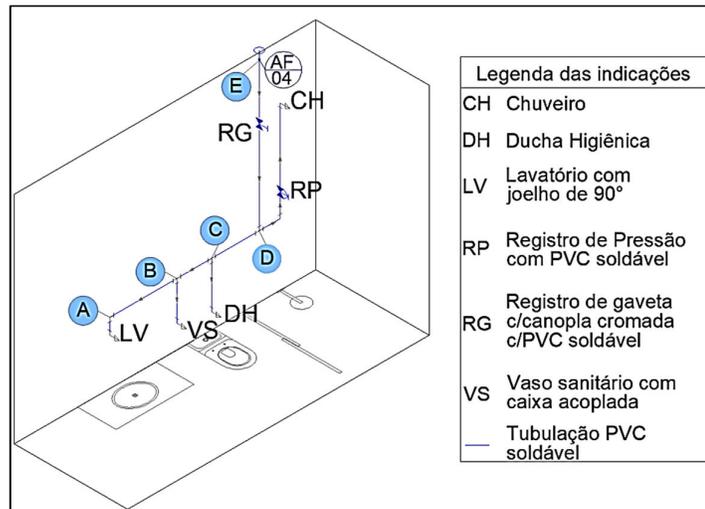
vazões e diâmetros para encontrar os diâmetros adequados.

Vale ressaltar que para o dimensionamento das tubulações em PEX, foram adotados os mesmos parâmetros dos pesos, o qual possibilitou o cálculo da vazão e da velocidade necessária. Estes parâmetros proporcionaram a determinação do diâmetro ideal. Para tanto, foi utilizado a Tabela 7, disponível no catálogo predial PEX da Tigre.

Com o intuito de viabilizar o estudo, foi considerado apenas os ramais e os sub-ramais como partes do sistema que seriam empregados e comparados os três materiais: PVC, PEX e PPR.

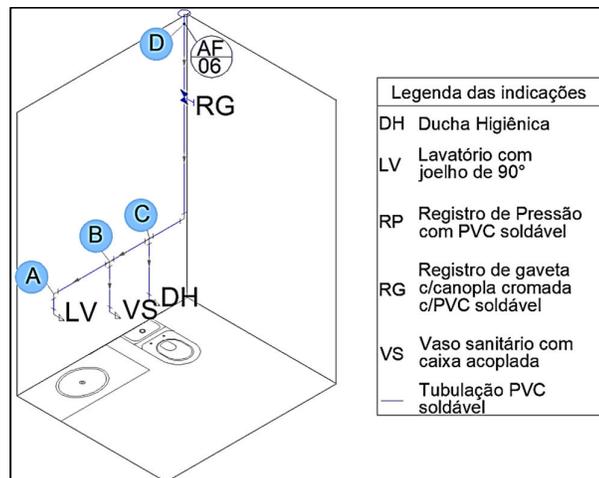
Posteriormente foi utilizado o software AutoCAD, para assim desenvolver e modelar o projeto hidráulico completo e possibilitar um levantamento quantitativo dos materiais (AUTODESK, 2020). A partir do quantitativo obtido foi feita uma pesquisa em duas lojas de materiais de construção em Vitória da Conquista - BA para fazer um comparativo de viabilidade econômica dos materiais. No entanto, as lojas não tinham disponibilidade dos materiais – PPR e PEX – bem como informações relacionadas ao custo. Posto isso, fez-se necessário a consulta a Tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) (CAIXA, 2023).

Figura 18. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria dos sanitários 02 e 03



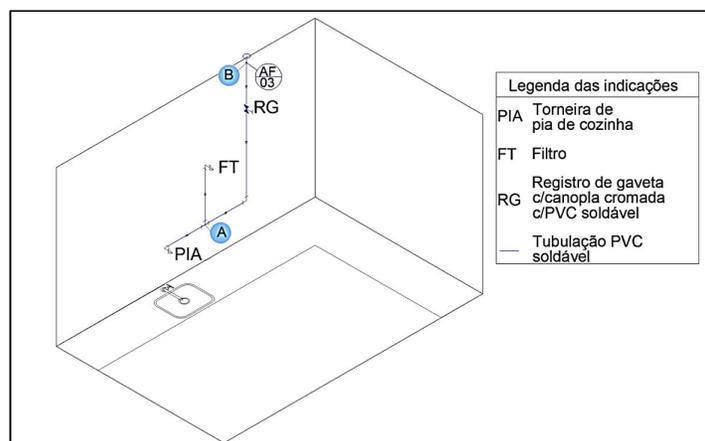
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 19. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do lavabo



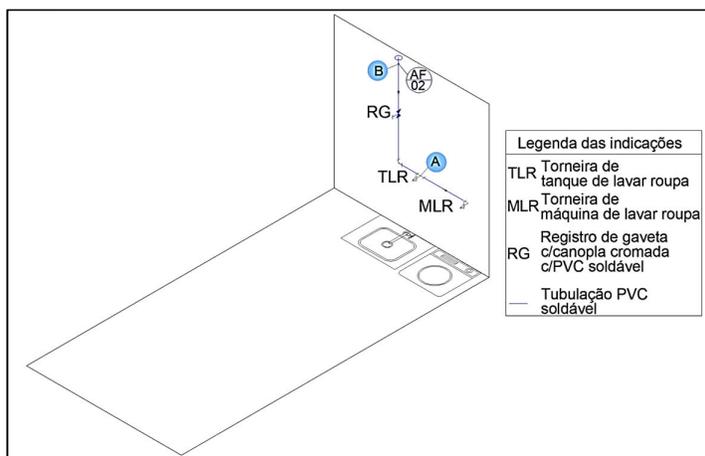
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 20. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da cozinha



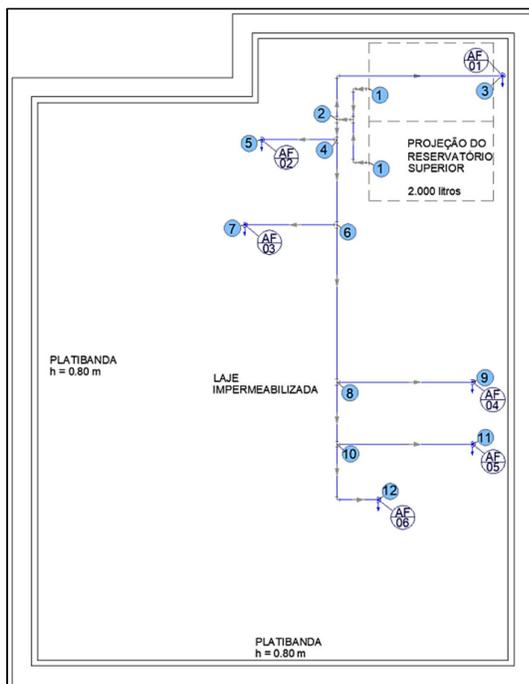
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 21. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da área de serviço



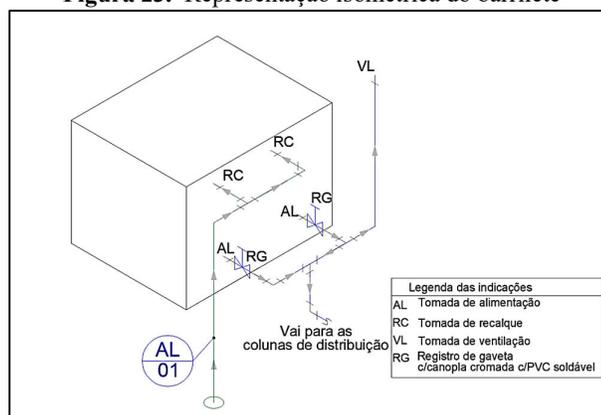
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 22. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do barrilete



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 23. Representação isométrica do barrilete



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para fins de cálculo não foram consideradas as perdas de carga no dimensionamento das tubulações. Os diâmetros foram estabelecidos em conformidade com o nomograma de pesos, vazões e diâmetro. Segue nas Tabelas abaixo o dimensionamento dos sub-ramais, ramais e barrilete, de acordo com a NBR 5626.

Tabela 5. Dimensionamento dos sub-ramais

Peça de utilização	Diâmetro da tubulação
Lavatório	20 mm
Bacia sanitária com caixa acoplada	20 mm
Ducha higiênica (Bidê)	20 mm
Chuveiro elétrico	20 mm
Pia	20 mm
Filtro	20 mm
Máquina de lavar	25 mm
Tanque	25 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 6. Dimensionamento dos ramais – Lavabo

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão de Projeto	Diâmetro da tubulação
A-B	Lavatório	0,30	0,15 l/s	20 mm
	Lavatório			
B-C	Bacia sanitária com caixa acoplada	0,40	0,25 l/s	20 mm
	Lavatório			
	Bacia sanitária com caixa acoplada			
C-D	Ducha higiênica (bidê)	0,50	0,35 l/s	20 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 7. Dimensionamento dos ramais – Sanitários 01, 02 e 03

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão de Projeto	Diâmetro da tubulação
A-B	Lavatório	0,30	0,15 l/s	20 mm
	Lavatório			
B-C	Bacia sanitária com caixa acoplada	0,40	0,25 l/s	20 mm
	Lavatório			
C-D	Bacia sanitária com caixa acoplada Ducha higiênica (bidê)	0,50	0,35 l/s	20 mm
	Lavatório			
D-E	Bacia sanitária com caixa acoplada Ducha higiênica (bidê) Chuveiro	0,60	0,45 l/s	20 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 8. Dimensionamento dos ramais – Cozinha

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão de Projeto	Diâmetro da tubulação
A-B	Pia Filtro	1,40	0,50 l/s	20 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 9. Dimensionamento dos ramais – Área de serviço

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão de Projeto	Diâmetro da tubulação
	Máquina de lavar roupa			
A-B	Tanque de lavar roupa	1,70	0,55 l/s	25 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 10. Dimensionamento do barrilete

Trecho	Coluna	Peso relativo	Peso relativo acumulado	Vazão de Projeto	Vazão de projeto acumulada	Diâmetro da tubulação
10-12	Lavabo	0,70	0,70	0,40 l/s	0,40 l/s	20 mm
10-11	Suíte 3	0,80	0,80	0,50 l/s	0,50 l/s	20 mm
8-10	***	***	1,50	***	0,90 l/s	25 mm
8-9	Suíte 2	0,80	0,80	0,50 l/s	0,50 l/s	20 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Continuação da Tabela 10. Dimensionamento do barrilete

Trecho	Coluna	Peso relativo	Peso relativo acumulado	Vazão de Projeto	Vazão de projeto acumulada	Diâmetro da tubulação
6-8	***	***	2,30	***	1,40 l/s	25 mm
6-7	Cozinha	1,40	1,40	0,50 l/s	0,50 l/s	20 mm
4-6	***	***	3,70	***	1,90 l/s	25 mm
4-5	Área de serviço	1,70	1,70	0,55 l/s	0,55 l/s	25 mm
2-4	***	***	5,40	***	2,45 l/s	25 mm
2-3	Suíte 1	0,80	0,80	0,50 l/s	0,50 l/s	20 mm
1-2	Barrilete	***	6,20	***	2,95 l/s	32 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Para cada trecho foi verificada a velocidade máxima estabelecida por norma que é de 3 m/s (ABNT, 2020). Essa verificação foi feita em conformidade com as equações abaixo.

$$V \leq 3,0 \text{ m/s} \quad (1)$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Sendo:

$$Q = 0,30 \cdot \sqrt{\sum \text{pesos}} \quad (3)$$

$$A = \frac{(\pi \cdot D^2)}{4} \quad (4)$$

Para:

Q = Vazão do trecho (m^3/s);

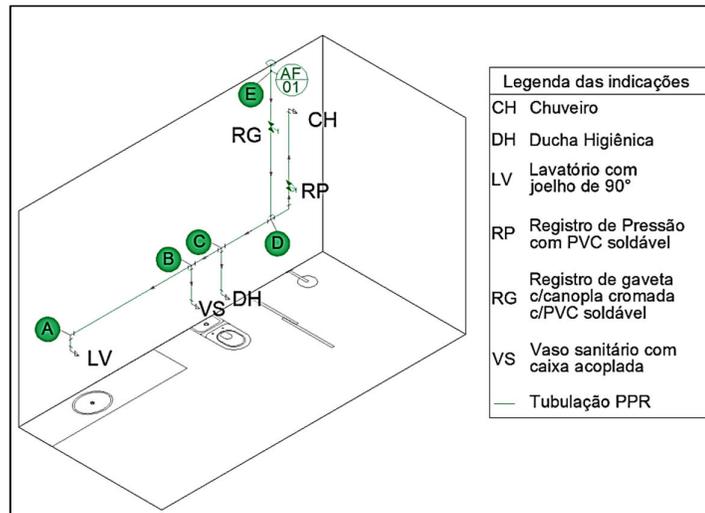
A = Área da tubulação adotada (m^2)

D = Diâmetro da tubulação adotada (m)

6.2. Dimensionamento da tubulação em PPR

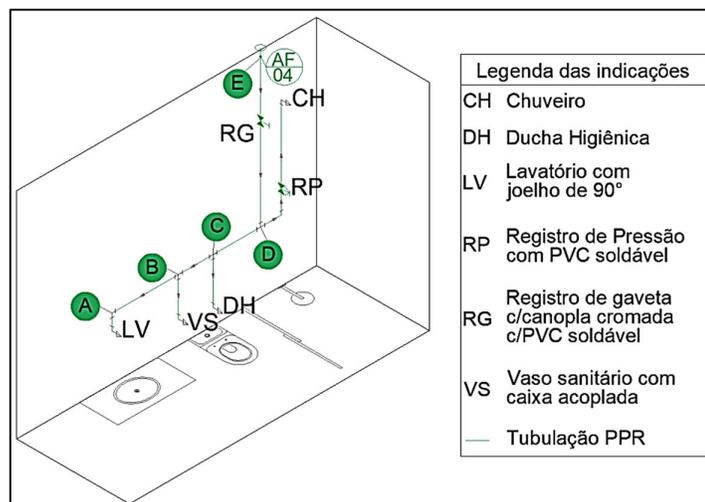
Para a tubulação em PPR, foram adotados os mesmos métodos e critérios empregados para o dimensionamento das tubulações em PVC. Haja vista que a diferença entre eles consiste nos métodos de encaixes entre as tubulações e as peças utilizadas, o que não interfere nos parâmetros adotados no dimensionamento dos diâmetros. As Figuras abaixo representam os traçados da tubulação de água fria da edificação.

Figura 24. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do sanitário 01



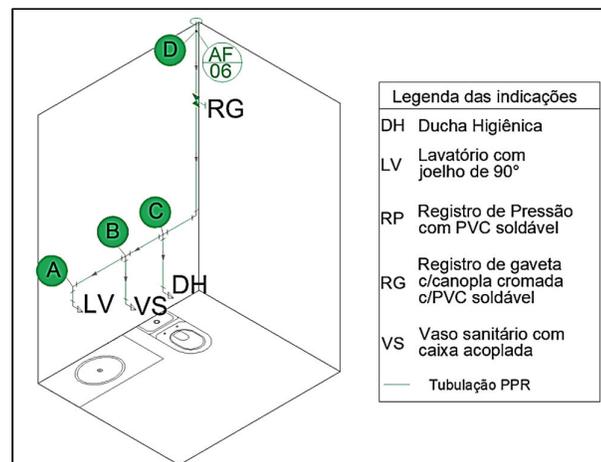
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 25. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria dos sanitários 02 e 03



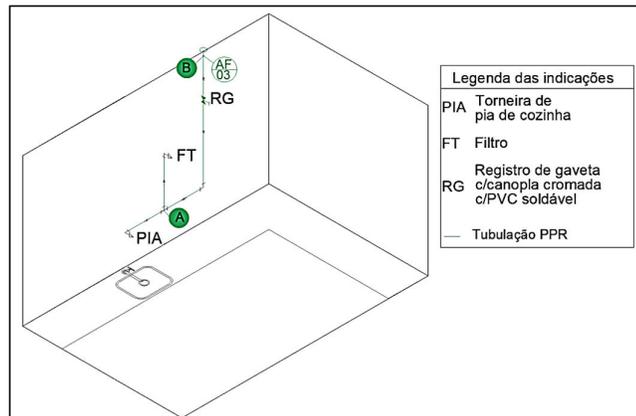
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 26. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do lavabo



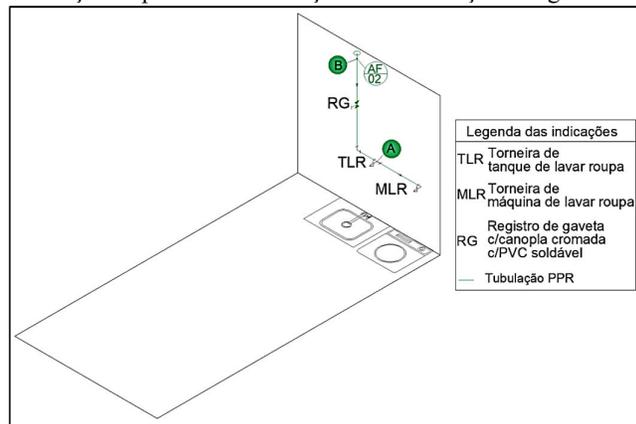
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 27. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da cozinha



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 28. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da área de serviço



Fonte: Autoria própria, 2023.

As Tabelas abaixo apresentam o dimensionamento das tubulações. Salienta-se que foi desconsiderada a perda de carga, além de efetuar a mudança de material para o PPR apenas nos ramais e sub-ramais.

Tabela 11. Dimensionamento dos sub-ramais

Peça de utilização	Diâmetro da tubulação
Lavatório	20 mm
Bacia sanitária com caixa acoplada	20 mm
Ducha higiênica (Bidê)	20 mm
Chuveiro elétrico	20 mm
Pia	20 mm
Filtro	20 mm
Máquina de lavar	25 mm
Tanque	25 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 12. Dimensionamento dos ramais – Lavabo

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão de Projeto	Diâmetro da tubulação
A-B	Lavatório	0,30	0,15 l/s	20 mm
	Lavatório			
B-C	Bacia sanitária com caixa acoplada	0,40	0,25 l/s	20 mm
	Lavatório			
C-D	Bacia sanitária com caixa acoplada Ducha higiênica (bidê)	0,50	0,35 l/s	20 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 13. Dimensionamento dos ramais – Sanitários 01, 02 e 03

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão de Projeto	Diâmetro da tubulação
A-B	Lavatório	0,30	0,15 l/s	20 mm
	Lavatório			
B-C	Bacia sanitária com caixa acoplada	0,40	0,25 l/s	20 mm
	Lavatório			
C-D	Bacia sanitária com caixa acoplada Ducha higiênica (bidê)	0,50	0,35 l/s	20 mm
	Lavatório			
D-E	Bacia sanitária com caixa acoplada Ducha higiênica (bidê) Chuveiro	0,60	0,45 l/s	20 mm

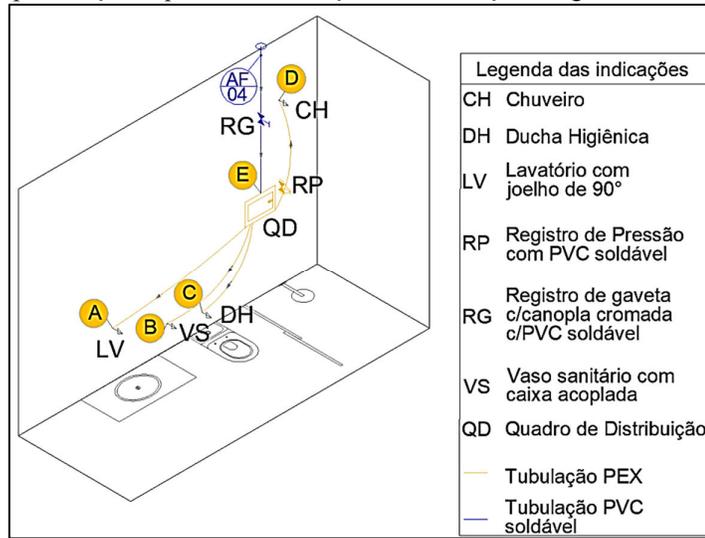
Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 14. Dimensionamento dos ramais – Cozinha

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão de Projeto	Diâmetro da tubulação
A-B	Pia Filtro	1,40	0,50 l/s	20 mm

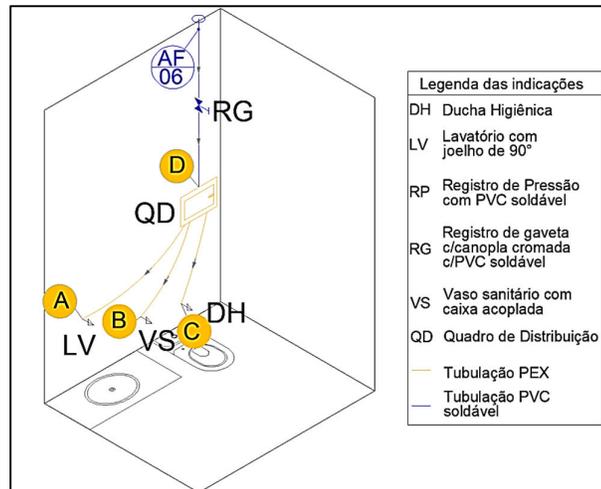
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 30. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria dos sanitários 02 e 03



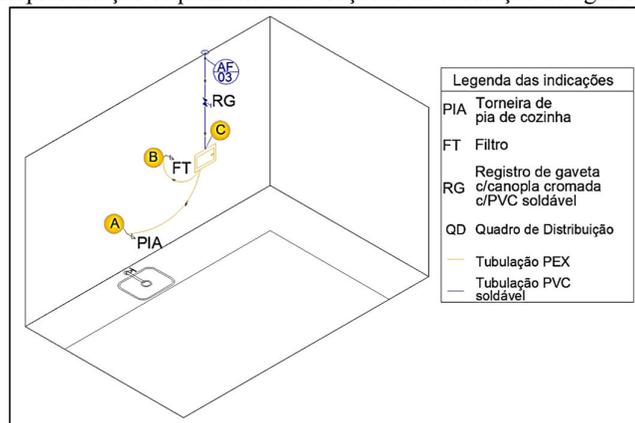
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 31. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria do lavabo



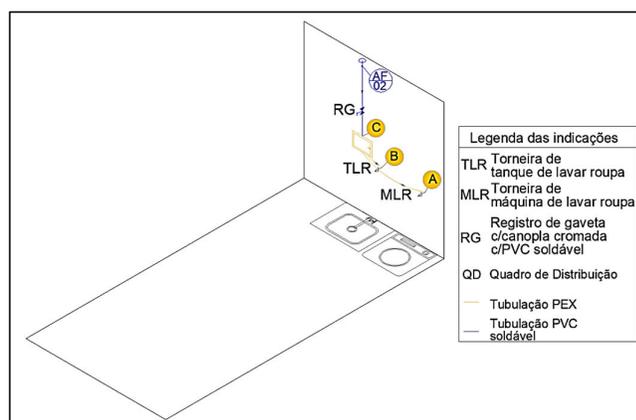
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 32. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da cozinha



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 33. Representação esquemática dos traçados da tubulação de água fria da área de serviço



Fonte: Autoria própria, 2023.

Os parâmetros citados anteriormente viabilizaram a determinação do diâmetro ideal. Para tanto, foi utilizada a Tabela 7, disponível no catálogo predial PEX da Tigre (TIGRE, 2016). Assim como para os tubos em PPR, foi desconsiderada a mudança de material da tubulação do barrilete. Segue nas Tabelas abaixo o dimensionamento dos sub-ramais e ramais.

Tabela 16. Dimensionamento da tubulação em PEX – Lavabo

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão	Velocidade	Diâmetro da tubulação
A-D	Lavatório	0,30	6,9 l/min	1,5 m/s	16 mm
B-D	Bacia sanitária com caixa acoplada	0,30	6,9 l/min	1,5 m/s	16 mm
C-D	Ducha higiênica (Bidê)	0,10	5,4 l/min	1,5 m/s	16 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 17. Dimensionamento da tubulação em PEX – Sanitários 01, 02 e 03

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão	Velocidade	Diâmetro da tubulação
A-E	Lavatório	0,30	6,9 l/min	1,5 m/s	16 mm
B-E	Bacia sanitária com caixa acoplada	0,30	6,9 l/min	1,5 m/s	16 mm
C-E	Ducha higiênica (Bidê)	0,10	5,4 l/min	1,5 m/s	16 mm
D-E	Chuveiro elétrico	0,10	5,4 l/min	1,5 m/s	16 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 18. Dimensionamento da tubulação em PEX – Cozinha

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão	Velocidade	Diâmetro da tubulação
A-C	Pia	0,70	15 l/min	1,5 m/s	20 mm
B-C	Filtro	0,70	15 l/min	1,5 m/s	20 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 19. Dimensionamento da tubulação em PEX – Área de serviço

Trecho	Peça de utilização	Peso relativo	Vazão	Velocidade	Diâmetro da tubulação
A-C	Máquina de lavar roupa	1,00	18 l/min	2,0 m/s	20 mm
B-C	Tanque de lavar roupa	0,70	15 l/min	1,5 m/s	20 mm

Fonte: Autoria própria, 2023.

6.4. Análise dos resultados

Para a análise comparativa do orçamento da instalação predial de água fria, foram considerados os valores dos insumos e o custo da mão de obra para cada material. Vale ressaltar que nos três dimensionamentos foi considerado o PVC como o material constituinte da tubulação do barrilete. Os valores foram obtidos através da base dados apresentados na Tabela SINAPI (CAIXA, 2023). Para o dimensionamento não foi atribuído o valor dos impostos, para tanto, utilizou a Tabela SINAPI não desonerada. Segue nas tabelas abaixo os valores para cada tipo de tubulação e o gráfico 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 20. Orçamento do custo de projeto da tubulação em PVC

Especificação do material	Quantidade	Valor dos insumos	Custo da mão de obra	Total
Soldável DN 32 mm	5,87 m	R\$16,15 por metro	R\$ 14,07 por metro	R\$ 177,39
Soldável DN 25 mm	10,83 m	R\$ 10,14 por metro	R\$ 11,82 por metro	R\$ 237,83
Soldável DN 20 mm	46,45 m	R\$ 8,85 por metro	R\$ 10,19 por metro	R\$ 868,99

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 21. Orçamento do custo de projeto da tubulação em PPR

Especificação do material	Quantidade	Valor dos insumos	Custo da mão de obra	Total
PVC Soldável DN 32 mm	5,87 m	R\$16,15 por metro	R\$ 14,07 por metro	R\$ 177,39
PVC Soldável DN 25 mm	7,93 m	R\$ 10,14 por metro	R\$ 11,82 por metro	R\$ 174, 14
PVC Soldável DN 20 mm	17,45 m	R\$ 8,85 por metro	R\$ 10,19 por metro	R\$ 332,25
PPR PN 25 DN 25 mm	2,09 m	R\$ 21,15 por metro	R\$ 16,71 por metro	R\$ 79,13
PPR PN 20 DN 20 mm	29,00 m	R\$ 9,29 por metro	R\$ 0,21 por metro	R\$ 275,50

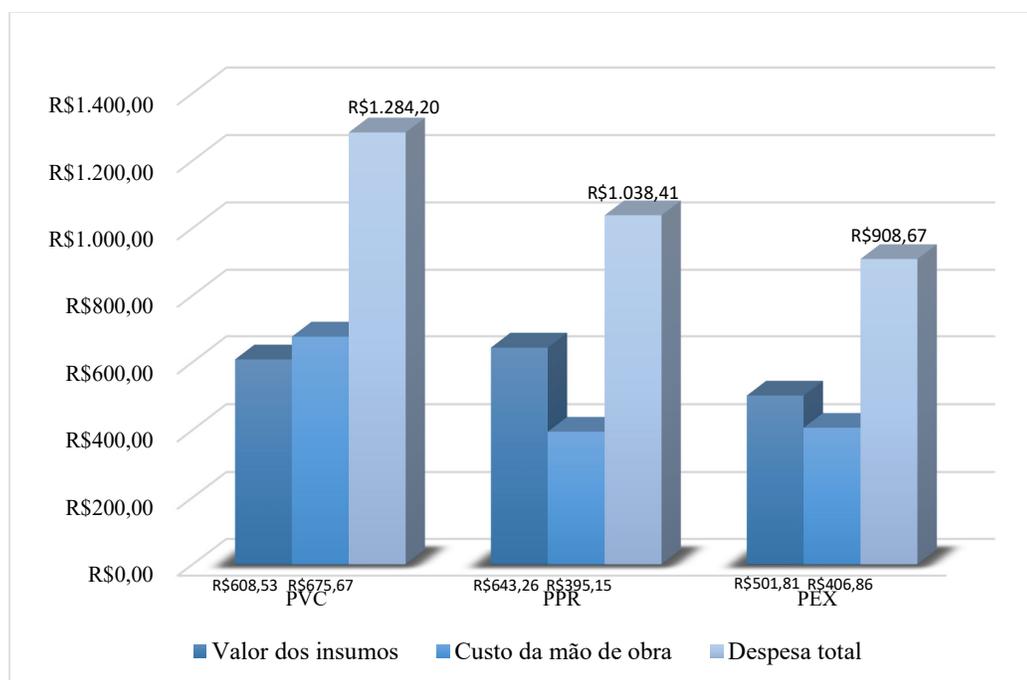
Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 22. Orçamento do custo de projeto da tubulação em PEX

Especificação do material	Quantidade	Valor dos insumos	Custo da mão de obra	Total
PVC Soldável DN 32 mm	5,87 m	R\$16,15 por metro	R\$ 14,07 por metro	R\$ 177,39
PVC Soldável DN 25 mm	7,93 m	R\$ 10,14 por metro	R\$ 11,82 por metro	R\$ 174, 14
PVC Soldável DN 20 mm	17,45 m	R\$ 8,85 por metro	R\$ 10,19 por metro	R\$ 332,25
Monocamada PEX DN 20 mm	4,41 m	R\$ 7,87 por metro	R\$ 2,38 por metro	R\$ 45,20
Monocamada PEX DN 16 mm	22,46 m	R\$ 6,12 por metro	R\$ 1,88 por metro	R\$ 179, 68

Fonte: Autoria própria, 2023.

Gráfico 1. Análise comparativa do orçamento para a instalação predial de água fria



Fonte: Autoria própria, 2023.

Ao analisar os valores dos insumos, nota-se que o PPR é o material mais caro, seguido pelo PVC e PEX, consecutivamente. Contudo, o custo da mão de obra altera o cenário e o PVC assume a posição de material mais onerado em comparação com o PPR e o PEX, que demonstram resultado linear. Sendo assim, ao observar a despesa total nota-se que a instalação mais cara é a que utiliza o PVC, visto que apresenta um custo total superior ao valor apresentado nas instalações que utilizam tanto o PPR e o PEX para os ramais e sub-ramais.

Entretanto, mesmo com os resultados favoráveis para as tubulações de PPR e PEX, o PVC ainda é um material que domina as instalações prediais de água fria. A sua disseminação se dá pela popularização adquirida ao decorrer do tempo, dado que os materiais como o PPR e PEX ainda são considerados como inovadores e pouco conhecidos. Aliado à popularização do PVC, vale ressaltar que a disponibilidade deste material no mercado, bem como da mão de obra, tornam seu uso mais comum na construção civil. Os tubos PPR e PEX, demandam de mão de obra especializada – ainda escassa – e poucas lojas de material de construção os possuem em estoque. Nas consultas feitas às lojas de material de construção civil de Vitória da Conquista, Cincal e Jbruno, estas além de não possuir o material em estoque, não tinham base de dados acerca dos valores de cada tipo de tubo. Sendo, portanto, um fator que inviabiliza a utilização destes materiais.

No que tange a viabilidade técnica, a diferença entre os tubos se dá no método de instalação. Enquanto o PVC e o PPR, demandam de várias conexões para cada mudança de direção, os sistemas que utilizam o PEX dispensam a utilização de conexões, por apresentar uma tubulação flexível. Vale ressaltar ainda que, as tubulações em PPR e em PEX podem ser utilizados em instalações de água quente.

7. CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, infere-se que as tubulções em PPR e PEX apresentam resultados econômicos mais satisfatórios quando comparados ao PVC em instalações prediais de água fria. Contudo a disponibilidade do PVC no mercado somada à dispensa de mão de obra especializada, tornam este material uma solução mais utilizada.

Os sistemas que utilizam o PPR e o PEX ainda são considerados recentes no mercado, o que resulta na escassez dos estoques destes materiais em lojas de materiais de construção civil, bem como poucos profissionais habilitados para execução do serviço no mercado. Todavia, o PVC sempre foi utilizado nas instalações prediais de água fria e apresenta um sistema de instalação amplamente difundido. Logo, é uma solução mais empregada em obras de instalações prediais de água fria, apesar das desvantagens.

Vale ressaltar que, não obstante apresentar custo de material e mão de obra econômica, o PEX ainda dispõe um sistema de instalação mais rápido e prático. Estes fatores diminuem significativamente o tempo de execução, impactando diretamente no custo final da obra. Além de não necessitar de cortes na tubulação durante a execução, sanando as problemáticas que surgem causadas pelo desperdício e sobra de material. Posto isso, o PEX se torna o material mais vantajoso dentre os apresentados para instalação predial de água fria.

Este resultado demonstra a importância do estudo e implementação de novas tecnologias na construção civil, haja vista que há uma incessante busca por melhorias neste setor. Sendo assim, torna-se relevante a disseminação dos resultados apresentados, para despertar o conhecimento sobre os novos materiais, bem como suas vantagens.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria.** 1998. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>. Acesso em: 01 de Setembro de 2023.

ABNT. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente - projeto, execução, operação e manutenção.** 2020. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>. Acesso em: 29 de Julho de 2023.

ABNT. **NBR 15813: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria - Parte 2: Conexões de polipropileno copolímero random PP-R e PP-RCT – Requisitos.** 2018. Disponível em: <https://mega.nz/folder/IWQi1JrI#lbQBh-stEWrzJZ3oaGyrQw/folder/dfpxgbZY>. Acesso em 12 de Agosto de 2023.

ABNT. **NBR 15939: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria - polietileno reticulado (pe-x) parte 1: requisitos e métodos de ensaio.** 2011. Disponível em: <https://mega.nz/folder/IWQi1JrI#lbQBh-stEWrzJZ3oaGyrQw/folder/dfpxgbZY>. Acesso em: 18 de Agosto de 2023.

AMANCO. **Soluções amanco linha predial.** 4^a Edição. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/421223481/catalogo-amanco#>. Acesso em: 01 Ago. 2023.

AutoCAD. **Autodesk®.** 2020.

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

https://www.academia.edu/42850416/INSTALA%C3%87%C3%95ES_HIDR%C3%81ULICAS_PREDIAIS_USANDO_TUBOS_DE_PVC_E_PPR. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRANDING, Stela. **O que é pvc.** Instituto do PVC. Disponível em: <https://pvc.org.br/o-que-e-pvc/>. Acesso em: 25 Jul. 2023.

CARVALHO JUNIOR, Roberto de. **Instalações Prediais Hidráulico-sanitárias:** Princípios Básicos para Elaboração de Projetos. São Paulo: Blucher, 2018.

FEDERAL, CAIXA ECONÔMICA. **PCI.818.01 - Custos de composições analítico**. Versão 2023. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-sumario-composicoes-aferidas/SUMARIO_DE_PUBLICACOES_E_DOCUMENTACAO_DO_SINAPI.pdf. Acesso em: 12 de Outubro de 2023.

FERRAMENTAS KENNEDY, **Termofusor PPR R63 Bocal 20/25/32 110V Amanco**. Disponível em: <https://www.ferramentaskennedy.com.br/100051610/termofusor-ppr-com-bocal-r63-202532-220v-amanco>. Acesso em 29 de Outubro de 2023.

GRUPO PROMINAS, **Material didático – Metodologia do trabalho científico**. Grupo Prominas Educação e Tecnologia, Minas Gerais, 2019.

JW.ORG - TESTEMUNHAS DE JEOVÁ. **Aquedutos romanos — maravilhas da engenharia**. JW.ORG. Disponível em: <https://www.jw.org/pt/biblioteca/revistas/g201411/aquedutos-engenhariaromana/>. Acesso em 05 Set. 2023.

LANDI, Francisco Romeu. **A Evolução histórica das instalações hidráulicas**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1993.

MERC. **Como funciona a instalação do Tubo Pex**. Disponível em: <https://blog.lojamerccom.br/como-funciona-a-instalacao-do-tubo-pex/>. Acesso em: 15 de Outubro de 2023.

RESEARCHGATE. **Composição do PEX Tigre Multicamada**. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-23-Composicao-do-PEX-Tigre-Multicamada-Fonte-Catalogo-Tecnico-Instalacao-Predial_fig16_323990990. Acesso em: 01 de Novembro de 2023.

SÁ, Nuno José Marques E. **Optimização de sistemas prediais de distribuição de água fria**. Orientador: Professor Carlos Alberto Baptista Medeiros. 2012. 133 p. Dissertação (mestre em engenharia civil — especialização em construções) - Faculdade de engenharia - Universidade

do Porto, Portugal, 2012.

TIGRE. **Manual Técnico Tigre – Orientações Técnicas sobre Instalações Hidráulicas Prediais**, 2016. Joinville: TIGRE, 2016.

VEVOR. **Pex Tubing**. Vevor. Disponível em: https://www.vevor.com/pex-tubing-c_10837/vevor-pex-tubing-pex-pipe-1-non-barrier-blue-for-potable-water-cutter-300ft-p_010313056708. Acesso em: 10 de Novembro de 2023.