UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DECLARAÇÃO

Izadora Martins de Sousa Affiune
Tiago da Silva Aleixo

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA E QUENTE UTILIZANDO TUBULAÇÕES DE PVC, CPVC E PEX

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 12 de abril de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA/UFG - Orientador)

Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (EECA/UFG - examinador)

Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza (EECA/UFG - examinador)

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA/UFG - Orientador)

Em: 14 de abril de 2022

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

- **Todos os campos do presente documento são de preenchimento obrigatório, sendo os mesmos adequados a quantidade de examinadores;**
- **Após preenchido, o documento deve ser assinado por todos os examinadores e também pelo orientador do referido trabalho.**

Documento assinado eletronicamente por **Saulo Bruno Silveira E Souza**, **Professor do Magistério Superior**, em 12/04/2022, às 09:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Marcus André Siqueira Campos**, **Professor do Magistério Superior**, em 12/04/2022, às 09:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Prado Abreu Reis**, **Professor do Magistério Superior**, em 18/04/2022, às 19:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2823970** e o código CRC **A6EAFF83**.

Referência: Processo nº 23070.018694/2022-27 SEI nº 2823970

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA E QUENTE UTILIZANDO TUBULAÇÕES DE PVC, CPVC E PEX

Izadora Martins de Sousa Affiune [1], Tiago da Silva Aleixo [2], Ricardo Prado Abreu Reis[3]

PALAVRAS CHAVE:
PVC;
PEX;
CPVC;
Comparativo de custo;
Sistema Predial Hidráulico Sanitário;
Tubulações Hidráulicas;

RESUMO: Com o objetivo de realizar um comparativo entre a utilização de tubulações de PVC, CPVC e PEX nos sistemas hidráulicos prediais de distribuição de água fria e quente, realizou-se o dimensionamento de dois cenários possíveis para um edifício hoteleiro de 10 andares, onde cada andar possui 13 suítes, sendo que cada suíte possui 1 banheiro contendo um chuveiro e um lavatório com água quente. Após o dimensionamento, levantou-se o quantitativo de materiais e, tendo como base a tabela de composições de janeiro do SINAPI (2022) desonerado, realizou-se o orçamento de custo de implantação de ambos os cenários, bem como a definição de alguns indicadores de produtividade. Por fim, colocando lado a lado os resultados obtidos, demonstrou-se que o cenário onde foram utilizadas tubulações de PEX se mostrou mais caro em termos de materiais, porém com uma média de tempo de execução com 5,31 meses a menos no tempo de implantação convencional em PVC, sem considerar os demais caminhos críticos de uma obra. Logo, conclui-se que, analisando apenas a execução do sistema hidráulico, apesar do maior custo de implantação, tomando como base os valores de taxa de ocupação e diária média para os hotéis na região de Goiânia (FOHB, 2022), nesses 5,31 meses em que o empreendimento estaria em operação, o lucro obtido seria 2,77 vezes maior do que a diferença de preço por ter utilizado o sistema composto por tubulações de PEX.

* **Contato com os autores**:

[1] e-mail: **izadoraaffiune@discente.ufg.br (I. M. S. Affiune)**
Graduanda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Goiás.

[2] e-mail: **tiago_aleixo@discente.ufg.br (T. S. Aleixo)**
Graduando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Goiás.

[3] e-mail: **ricardo_reis@ufg.br (R. P. A. Reis)**
Eng. Civil, Dr. Professor da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, assim como todas as atividades industriais, sente a necessidade de incorporar inovações tecnológicas e modernizar os seus processos, visando a redução de custos, a diminuição dos prazos de execução das tarefas, das despesas com pós-obra e o aumento cada vez maior da produtividade das frentes de serviço. Segundo Bornia e Neto (1994), as empresas modernas são caracterizadas por uma busca incessante pela melhoria da produtividade e da eficiência e, complementado por Maruoka e Souza (1999), essa produtividade está diretamente ligada ao lucro, já que melhores índices de produtividade e de eficiência acarretam menores custos de construção e mais clientes satisfeitos, o que possibilita trabalhar com maiores margens de lucro. Portanto, incorporar tecnologia nos processos e nos materiais aumenta a produtividade e a eficiência, entregando melhores produtos em maiores quantidades em menor tempo, gerando maior lucro.

Para os Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS) esse contexto não é diferente. Técnicas construtivas com baixos potenciais de produtividade e alta dificuldade de manutenção aliadas aos materiais com baixa flexibilidade de utilização e de transporte, criaram um cenário desafiador, que vai totalmente contra as necessidades de aumento da produtividade e da manutenibilidade na construção civil.

Na década de 1960, com o advento do policloreto de vinila (PVC), uma grande revolução alcançou os canteiros de obra. Os tradicionais tubos de ferro fundido e de aço galvanizado deram lugar aos tubos de PVC, incorporando importantes melhorias aos sistemas hidráulicos. Destacam-se ainda os tubos de cobre em substituição aos tubos de aço galvanizado que, assim como o PVC, trouxe maior leveza, o que facilitou bastante o transporte e manuseio dos materiais, aumentando assim a produtividade da execução dos sistemas hidráulicos (PALIARI, 2008).

Mesmo com tantas vantagens, a execução convencional de instalações em PVC soldável ainda demonstra limitações ao modelo de empresa que busca produtividade ao máximo. Apesar da leveza do material, o PVC possui densidade de aproximadamente 1,45 gr/cm³ gramas por centímetro cúbico – (Braskem, 2002), do baixo custo de fabricação e de ser um material 100% reciclável, de acordo com Santos e Modolo (2019) a execução de instalações utilizando-se tubulações de PVC, quando comparadas com tubulações do tipo PEX (polietileno reticulado), apresentam alguns pontos negativos. Quanto a essas desvantagens destaca-se a lentidão na montagem, a necessidade de interligação dos ramais por meio de conexões, o que acarreta também a um aumento das perdas de carga, maior risco de vazamentos causados principalmente pela maior quantidade de juntas entre conexões e a dificuldade na manutenção das instalações, que ainda, hoje, são frequentemente executadas embutidas em componentes da edificação, principalmente nas paredes e forros.

Apesar disto, o PVC também apresenta benefícios com relação aos materiais utilizados nos SPHS até a década de 1960, cumprindo bem o seu papel para a época. No entanto, a gama de desvantagens que iam contra a necessidade de aumento da produtividade nos canteiros de obra criou um cenário fértil para que outras inovações invadissem a construção civil brasileira nos anos 90. As tubulações de polietileno reticulado (PEX), que originalmente eram utilizadas em sistemas de aquecimento através de pisos radiantes em países temperados, começaram a ganhar espaço no mercado brasileiro através de sua importação e distribuição por empresas nacionais (PALIARI, 2008).

Apresentando um custo de material bem mais alto do que as tubulações de PVC, o polietileno reticulado (PEX) apresenta diversas vantagens que colocam em discussão a sua vantagem com relação a

utilização do PVC soldável. Segundo Monteiro (2017), a grande flexibilidade do PEX permite que diferentes caminhos sejam traçados sem a necessidade da utilização de conexões no intermédio dos ramais e sub-ramais de distribuição, o que diminui a perda de carga do sistema, aumenta a produtividade dos trabalhadores e reduz as patologias causadas por erros de execução. Portanto, apesar de ser mais oneroso, a utilização de tubulações de PEX traz consigo diversos benefícios que, quando analisados em um contexto mais amplo, tendem a compensar o alto custo de aquisição do material.

Tendo em vista os pontos apresentados em relação ao PVC e ao PEX e analisando os resultados obtidos por Brandstetter e Cupertino (2015), que demonstraram em um estudo de caso que os itens que mais tiveram reclamações no pós-obra foram as instalações hidráulicas-sanitárias, o objetivo deste trabalho consiste em realizar um estudo comparativo de custo e produtividade entre SPHS executados com tubulações de PVC, CPVC e de PEX, buscando demonstrar as vantagens e desvantagens de cada material nos sistemas hidráulicos prediais de água fria e água quente.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho consiste em realizar uma análise comparativa do custo de implantação do sistema hidráulico predial de distribuição de água fria e quente, abordando dois cenários diferentes quanto aos materiais escolhidos para execução das tubulações: PVC, CPVC e PEX, considerando como base de estudo o custo desses materiais e da mão de obra empregada na sua execução, bem como análise da produtividade alcançada em cada cenário. O comparativo terá como base de dados a tabela de composições de fevereiro (2022) do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI, 2022).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: MATERIAIS DOS COMPONENTES DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS

3.1.1 TUBOS E CONEXÕES EM PVC

Sistemas prediais de água fria e quente, de acordo com Carlos Junior (2013), são conjuntos de tubulações, dispositivos, equipamentos e reservatórios que tem como função o abastecimento de pontos nos quais será utilizado água da edificação, sempre seguindo a norma vigente para projeto, execução e manutenção.

A análise do projeto arquitetônico e estrutural de forma eficiente, além da tipologia construtiva (por exemplo: uso de paredes de gesso acartonado, de revestimento com tijolo cerâmico, tijolo estrutural ou outro) é imprescindível na hora de determinar a concepção e o traçado das instalações prediais, pois nesse momento será possível ver as interferências entre os Sistemas Prediais, prevenindo assim que posteriormente tenha gastos que não foram previstos (CARVALHO JUNIOR, 2010).

A história do PVC teve início em 1835, quando Justus Von Liebig descobriu o monômero cloreto de vinila (MVC) mas foi em 1872 que foi obtido o primeiro registro da obtenção do PVC, através da polimerização do MVC, resultando em um produto sólido branco. Em 1912, Fritz Klatte, de uma empresa alemã, descobriu o procedimento básico para a produção do PVC como um elemento comerciável, só que, não obtiveram sucesso na construção das máquinas capazes de processar o PVC. Por fim, em 1926, um pesquisador da B. F. Goodrich, misturou o PVC com plastificantes, tornando altamente flexível, o qual começou a ser utilizado para recobrimento de fios e cabos elétricos. Ainda na década de 1920, os Estados Unidos iniciaram a produção comercial do PVC (NUNES, 2006).

De acordo com Tigre (2016), o PVC soldável Classe 15 pode ser usado em todos os tipos e padrões de obra desde que a pressão de rompimento não ultrapasse 750 kPa, mas de acordo com a NBR 5626, a

pressão máxima de serviço é de 40 m.c.a, além de ser limitada a temperatura máxima de 20°C, impossibilitando assim o uso para sistemas de água quente. A vida útil desse material é de 50 anos e ele possui os seguintes diâmetros comerciais para uso em instalações prediais: 20, 25, 32, 40, 50, 60, 75, 85 e 110 mm.

Segundo o fabricante, o PVC é de fácil instalação pois não requer uso de ferramentas especiais, o que permite usar uma mão de obra menos qualificada. A junção dos tubos e conexões são feitas a frio, com a utilização de adesivo plástico para PVC, sendo o corte das tubulações feito por uma serra de corte simples e a retirada do esmalte da tubulação, antes do processo de colagem, por uma lixa de papel.

O alto teor de cloro na estrutura química do PVC o torna não inflamável e, também, não é facilmente queimado, características as quais permitem que o material seja usado para proteger cabos elétricos (NUNES, 2006).

São duas as normas regulamentadoras dos sistemas prediais de água fria sendo a NBR 5648 (ABNT, 2018), a norma de materiais, onde especifica os requisitos e métodos de ensaios para tubos e conexões com juntas soldáveis e a NBR 5626 (ABNT, 2020), norma de projetos e requisitos, a qual contém os processos para a instalação do sistema.

3.1.2 TUBOS E CONEXÕES EM CPVC

O CPVC (Policloreto de vinila clorado) é produzido pela pós-cloração da resina de PVC, ou seja, o gás cloro substitui parte dos átomos de hidrogênio presentes na cadeira do PVC, possibilitando assim um aumento das propriedades térmicas deste material (RODOLFO JR, 2006).

A respeito das tubulações em CPVC, o material suporta uma temperatura de 80ºC e uma pressão de serviço de 60 m.c.a. É encontrado nos seguintes diâmetros comerciais aplicados aos sistemas prediais: 15, 22, 35, 42, 54, 73, 89 e 114 mm. Possui uma maior eficiência quanto a dissipação térmica, quando comparado ao sistema de cobre, não sendo necessário qualquer tipo de isolante térmico. A execução desse material segue o mesmo padrão das tubulações PVC, possuindo juntas soldáveis e rosqueáveis (TIGRE, 2021).

3.1.3 TUBOS E CONEXÕES EM PEX

As tubulações de PEX começaram a ser usadas na América do Norte em 1984, primeiramente como dutos para sistemas de aquecimento do piso (DESIGN GUIDE, 2006). No Brasil, a fabricante EPEX começou a produzir esse material em 1997, a qual seguia as normas da ISO.

De acordo com a Tigre (2016), atualmente são fabricados dois tipos de PEX: monocamada e multicamada. Onde o primeiro atende os sistemas de água fria e quente de maneira eficiente e com um custo menor, já o segundo suporta uma maior pressão de serviço e uma maior temperatura, e por ter alumínio em uma de suas camadas, o tubo mantém o seu formato constante e é seguro para conduzir produtos químicos.

A norma brasileira do PEX NBR 15939 partes 1 a 3 (ABNT, 2011), foi concluída em 2011, e com isso houve uma maior adesão do uso do material para as instalações hidráulicas (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2013). A norma em questão ainda está em sua primeira revisão e é dividida em três partes, a primeira caracteriza os produtos que compõem os sistemas e métodos de ensaio, a segunda é sobre os procedimentos para projeto e a terceira especifica como deve ser transportado, armazenado, montado e instalado.

O PEX, por ser um material com grande flexibilidade e com capacidade de fazer curvas quase sempre sem utilização de conexões, diminui o risco de vazamentos futuros, além de diminuir em até dez vezes o tempo médio de instalação quando comparado ao sistema convencional do PVC (REVISTA TÉCHNE, 2012).

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO

3.2.1 Características dos procedimentos de execução das tubulações de PVC e CPVC

A execução do sistema de água com tubos PVC e CPVC segue o modelo convencional com ramais e sub-ramais, como mostra a Figura 1.

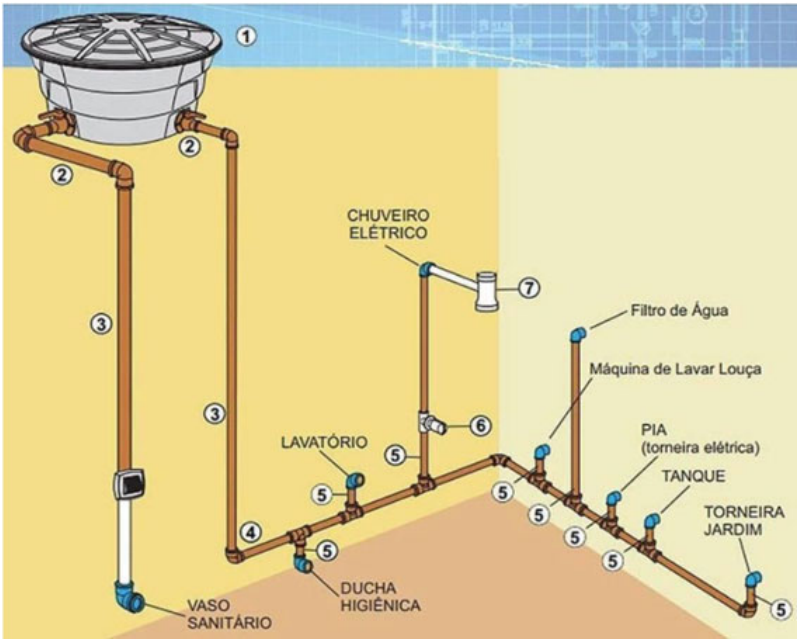

FIGURA 1: Sistema de água fria em PVC.
FONTE 1: Alexandrino; Marques (2018).

A montagem do sistema PVC e CPVC convencional é simples e não requer de mão de obra especializada, pois utiliza apenas material para cortar o tubo, lixar e adesivo para fixação das conexões, como é possível verificar na Figura 2.

Passo 1: Cortar o tubo em esquadro e lixar a superfície que será soldada.	
Passo 2: Limpar as superfícies lixadas com Solução Preparadora Tigre	
Passo 3: Distribuir o adesivo com um pincel nas pontas a serem soldadas	
Passo 4: Encaixar a conexão no tubo e esperar 1 hora para encher a tubulação de água	

FIGURA 2: Montagem do sistema PVC.
FONTE 2: TIGRE (2016).

3.2.2 Características dos procedimentos das tubulações de PEX

O emprego do PEX para a execução de uma rede de SPHS pode ser executado de duas maneiras, de acordo com Tigre (2016), podendo ser de maneira convencional com ramal e sub-ramal, como é feita a instalação do PVC, utilizando conexões intermediárias, ou utilizando o sistema Manifold , o qual segue os princípios da instalação elétrica, ou seja, saem de um "quadro de distribuição" até o ponto de utilização, sem a necessidade de conexões no caminho, exceto nas extremidades da tubulação.

A Figura 3 exemplifica o sistema com uso de Manifold, onde possui tubulações para água quente (em vermelho) e tubulações para água fria (em azul), sistema conhecido como PEX ponto a ponto.

FIGURA 3: Sistema PEX ponto a ponto.
FONTE 3: TIGRE (2016)

Já a Figura 4, mostra o sistema PEX executado da maneira convencional, bem semelhante à instalação do PVC, utilizando muitas conexões.

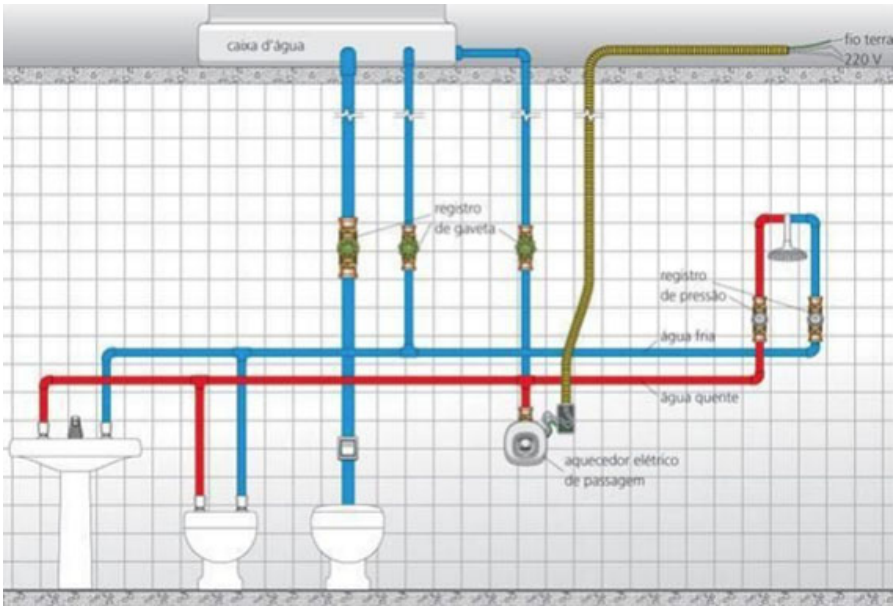

FIGURA 4: Sistema PEX com ramal e sub-ramais.
FONTE 4: SANTOS; MODOLO (2019)

Para a montagem do sistema PEX, são necessárias a utilização de ferramentas e peças especiais e, por isso, necessita de uma mão de obra treinada. Os equipamentos utilizados são: cortador de tubos, alicate crimpador, anéis de crimpagem, calibrador/chanfrador e curvador (TIGRE, 2016). O procedimento de instalação no PEX, de acordo com a Tigre (2016), segue a ordem do Figura 5.

Passo 1: Colocar aneis de cripagem correspondetes ao diametro do tubo na chave L	
Passo 2: Cortar tudo na medida necessária	
Passo 3: Colocar dentro do tubo o calibrador e girar no sentido horário para fazer o chanfro no interior do tubo	
Passo 4: Inserir o tubo na conexão até o espião (circulado em laranja)	
Passo 5: Com o alicate cripador, fazer a cripagem da coneção no tubo.	

FIGURA 5: Procedimentos e montagem dos tubos e conexões PEX.
FONTE 5: TIGRE (2016).

3.3 DIMENSIONAMENTO DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

O dimensionamento das redes de sistemas prediais consiste em realizar a determinação de dimensões e grandezas do conjunto de elementos em análise.

A norma NBR 5626 (ABNT, 2020) apresenta as diretrizes e critérios para a concepção e dimensionamento dos sistemas prediais de água fria e água quente. Segundo a norma, para dimensionar os sistemas de rede predial de distribuição, podem ser usados vários métodos existentes. Dentre os métodos existentes o método dos somatórios dos pesos, também denominado método da raíz quadrada alemão (Gonçalves, 1986), é um dos métodos mais utilizados no Brasil. Este método pode ser utilizado para a determinação de vazões de projeto e consequente dimensionamento dos diâmetros de redes de distribuição de água em PVC, PEX ou outra tipologia de material, alterando apenas o diâmetro interno dos tubos e a perda de carga unitária de acordo com a rugosidade do material.

Segundo Santos e Modolo (2019), a perda de carga pode ocorrer tanto de forma localizada quanto de forma distribuída e consiste na diminuição da energia do fluido que está em movimento devido a rugosidade das paredes dos tubos ou a mudança de direção que ocasiona uma turbulência. Logo, os dois tipos de perdas de cargas são:

Perda de carga Distribuída: ocorre devido o atrito do líquido, com a parede da tubulação, em toda a sua extensão, provocando uma perda de pressão.

Perda de carga Localizada: é devido aos acessórios utilizados como conexões, registros, válvulas, onde cada um possui seu coeficiente de atrito particular e unitário.

3.3.1 Perda de carga em tubulações de PVC e CPVC:

Dentre as inúmeras equações para a determinação da perda de carga em tubulações, a Equação de Fair-Whipple-Hsiao é uma das mais conhecidas e empregadas na determinação das perdas de carga unitária em tubos de PVC e CPVC de pequeno diâmetro, como os utilizados nas redes de distribuições prediais. Sendo a Equação 1 utilizada para a determinação da perda de carga unitária em tubos de PVC e a Equação 2 em tubos de CPVC:

$$J = 0{,}00085\ x\ (\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}) \qquad \text{Equação 1}$$

$$J = 0{,}0007\ x\ (\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}) \qquad \text{Equação 2}$$

<u>Em que:</u>

J = perda de carga (m/m);

Q = vazão (m^3/s);

D = diâmetro interno do tubo (mm)

Já para a perda de carga localizada, utiliza-se o método de comprimento equivalente (Leq), o qual consiste em transformar a perda de energia ocorrida em conexões em uma perda que ocorreria em certo comprimento de tubulação, essa conversão pode ser feita por meio de tabelas ou fórmulas já predefinidas para cada material utilizado na tubulação de distribuição de água.

3.3.2 Perda de carga em tubulações de PEX

A perda de carga unitária nos tubos de PEX também pode ser calculada através da Equação de Fair-Whipple-Hsiao, adaptada para o material PEX (Equação 3):

$$J = 0{,}00086\ x\ (\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}})$$ Equação 3

Já para a perda de carga localizada, nas conexões (se este for o caso), podem ser seguidas as recomendações dos fabricantes, como os valores empíricos pré-definidos pela Tigre (2016) e apresentados na Figura 6. Em sistemas ponto a ponto, as conexões que serão convertidas em comprimento equivalente correspondem as conexões das extremidades entre cada trecho da tubulação PEX.

Valores de Perda de Carga das Conexões (em metros de tubulação)					
Conexões	Símbolo	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32
Joelho 90°		0,37	0,29	0,26	0,26
Redução		0,14	0,11	0,10	0,09
Derivação do Tê		0,44	0,34	0,31	0,26
Passagem do Tê		0,10	0,08	0,08	0,07
Tê com Entrada de Água na Derivação		0,39	0,31	0,28	0,23

FIGURA 6: Perda de carga em tubulações PEX TIGRE.
FONTE 6: TIGRE (2016).

4. METODOLOGIA

Visando obter dados de custo e de produtividade considerando a execução de redes de distribuição predial de água fria e quente em PVC, CPVC e PEX, foram definidos dois cenários de estudo para simulação e realização dos dimensionamentos, possibilitando assim a execução do comparativo desses dados, conforme fluxograma representado pela Figura 7.

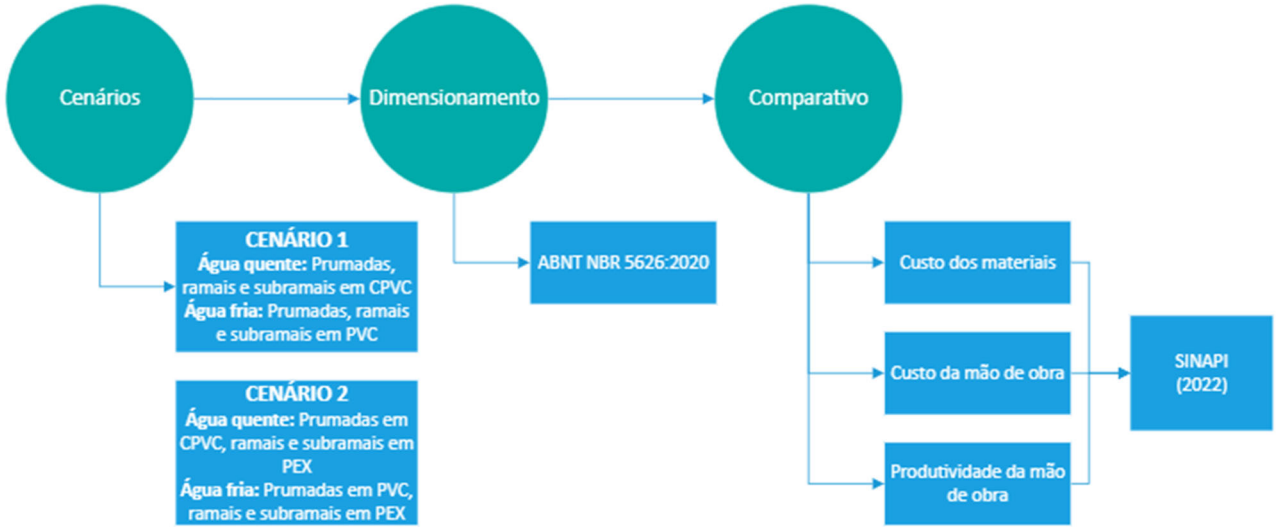

FIGURA 7: Fluxograma de desenvolvimento.
FONTE 7: Autoria própria (2021).

4.1 CENÁRIOS DE ESTUDO

Para realizar o estudo comparativo, foram definidos 2 cenários diferentes de uma edificação da tipologia hotel. Os cenários tiveram o intuito de simular as utilizações das tubulações de PVC, CPVC e PEX. O sistema de distribuição de água quente em ambos os cenários é proveniente de um sistema central coletivo com boilers posicionados na cobertura da edificação, abaixo do reservatório de água fria. O projeto utilizado neste estudo foi desenvolvido com base em uma rede de distribuição de água fria e água quente de um hotel real existente.

Cenário A:

Edifício hoteleiro com 10 pavimentos, 13 suítes por pavimento, sistema hidráulico de distribuição de água fria composto por tubulações de PVC e sistema de água quente central coletivo composto por tubulações de CPVC.

Cenário B:

Edifício hoteleiro com 10 pavimentos, 13 suítes por pavimento, prumadas de distribuição de água fria e quente de material PVC e CPVC, respectivamente, e ramais e sub-ramais de distribuição internos compostos de material PEX, com distribuição ponto a ponto. Sistema de água quente central coletivo.

Em todos os cenários, a planta do pavimento tipo é a mesma, composta por 13 suítes, cada suíte possuindo um banheiro, cada banheiro contendo uma bacia sanitária (água fria), um lavatório (água fria e quente), uma caixa de descarga (água fria) e um chuveiro (água fria e quente).

4.2 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da rede de distribuição de água fria foi realizado com o auxílio de planilha eletrônica, seguindo o método de somatório de pesos detalhado em Macintyre (2010) e Creder (2006).

Primeiramente, traçou-se os trechos de tubulação, conforme as orientações de Macintyre (2010). Enumerou-se cada ponto de mudança de vazão ou de material, começando pelo reservatório e indo em direção à prumada de distribuição mais desfavorável, que será aquela mais distante do ponto de descida da água pelo barrilete e selecionando o banheiro do último pavimento, o qual terá uma menor pressão.

Na planilha, informações essenciais serão calculadas, através da inserção dos seguintes dados: trecho definido (montante e jusante), somatório dos pesos relativos dos equipamentos hidrossanitários a jusante do trecho, comprimento real da tubulação no trecho, comprimento equivalente das conexões em metros de tubulação no trecho, desnível geométrico entre montante e jusante no trecho. Com isso, pode-se determinar a vazão de projeto , atribuir diâmetros a cada trecho de tubulação (D) , verificar a velocidade de escoamento (v), determinar a perda de carga unitária e total e as pressões disponíveis a montante e jusante.

Assim, para as tubulações de PVC, CPVC e PEX, seguindo as orientações de Macintyre (2010) e Creder (2006), a vazão de projeto foi calculada pela Equação 4.

$$Q = 0{,}3\ x\ \sqrt{\sum Pesos} \qquad \text{Equação 4}$$

<u>Em que:</u>

Q = Vazão estimada (L/s);

ΣPesos = somatório dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pelo trecho considerado;

Já o diâmetro nominal atribuído a cada trecho de projeto, foi definido considerando-se os diâmetros comerciais e internos de cada tipo de tubulação. Tais diâmetros foram escolhidos de maneira que atenda aos requisitos de perda de carga menor ou igual a 10% por metro de tubulação e a pressão (Tigre, 2016). Além disto, considerou-se que a pressão nos pontos de utilização mais desfavoráveis deveriam ter pressão superior a 1,0 mca.

A perda de carga unitária nas tubulações foram calculadas conforme as Equações 1, 2 e 3, de acordo com o material da tubulação.

A Pressão à Jusante foi determinada considerando-se a soma da Pressão à Montante com o desnível geométrico, subtraindo-se a perda de carga total do trecho.

4.3 COMPARATIVOS

Neste estudo realizou-se dois tipos de comparativos: o primeiro abordando os custos dos materiais e da mão de obra e o segundo abordando os custos dos materiais e a produtividade da mão de obra.

4.3.1 Comparativo entre custo dos materiais e a mão de obra

Para a determinação do custo dos materiais e mão de obra foi realizado o levantamento do quantitativo de materiais utilizados nos sistemas de distribuição dimensionados para cada cenário. O orçamento foi desenvolvido utilizando-se as composições da base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI DESONERADO, 2022). Por fim comparou-se os preços unitários e totais de cada cenário.

4.3.2 Comparativo entre custo dos materiais e a produtividade

Os índices das composições de produtividade utilizados neste estudo foram retirados do SINAPI DESONERADO (2022). Aplicou-se esses valores aos cenários de projeto e os comparou-se os valores finais entre si, tanto em valores unitários quanto em valores totais, em horas de trabalho realizado para cada insumo levantado em projeto.

4.3.3 Tratamento dos dados

Como resultado todos os estudos comparativos foram apresentados de forma individual para cada tipo de material e posteriormente considerando o cenário como um todo, possibilitando, assim, comparar a diferença de custos de material e mão de obra dos cenários propostos. Por fim, também foi comparado a quantidade de horas trabalhadas necessárias para execução dos sistemas em questão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Dimensionamento das colunas de distribuição

A coluna de distribuição escolhida para o dimensionamento foi aquela mais desfavorável em relação à pressão, ou seja, a coluna mais distante do ponto de descida de água do reservatório, conforme as Figuras 6 e 7. Como simplificação de cálculo, as demais prumadas (prumadas mais favoráveis) foram consideradas similares a mais distante, menos favorável hidraulicamente.

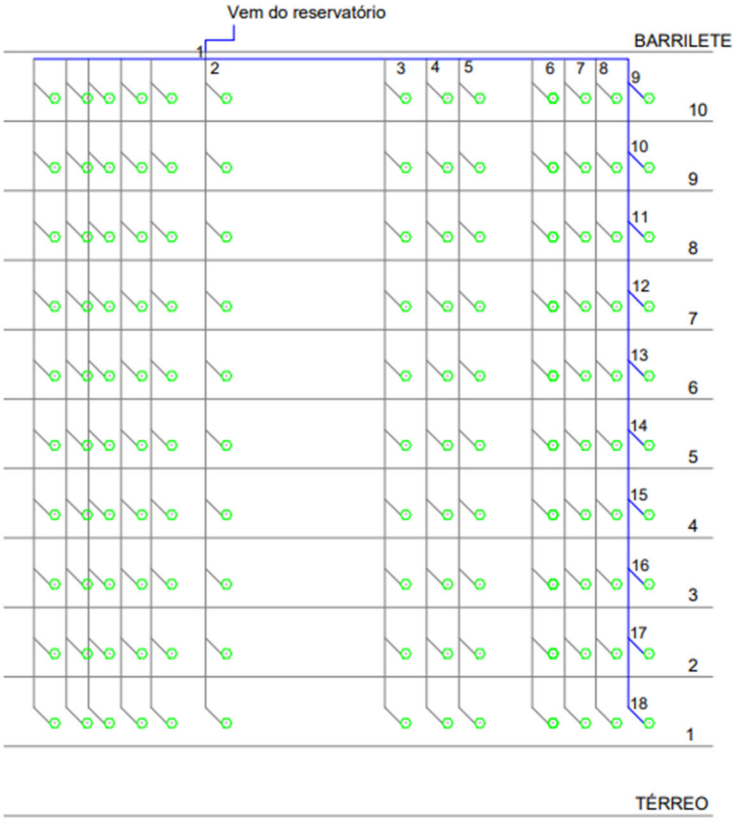

Figura 8 - Prumadas de água fria - PVC

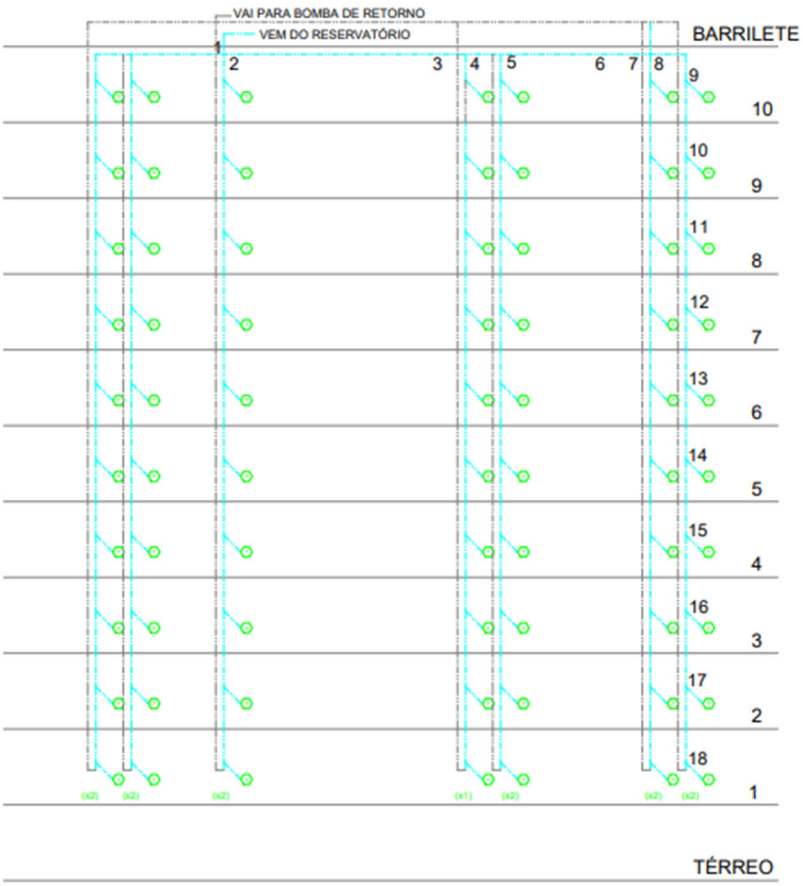

Figura 9 - Prumadas de água quente - CPVC

Posteriormente, traçou-se os trechos de tubulação que compõem os ramais e sub-ramais de distribuição, conforme as Figuras 10, 11, 12 e 13

Assim, para o Cenário 1, a distribuição dos ramais dentro dos banheiros padrões dos quartos do hotel foi lança em PVC e CPVC, conforme as Figuras 10 e 11. Já para o Cenário 2, o lançamento das redes utilizando-se PEX foi feita conforme as Figuras 12 e 13.

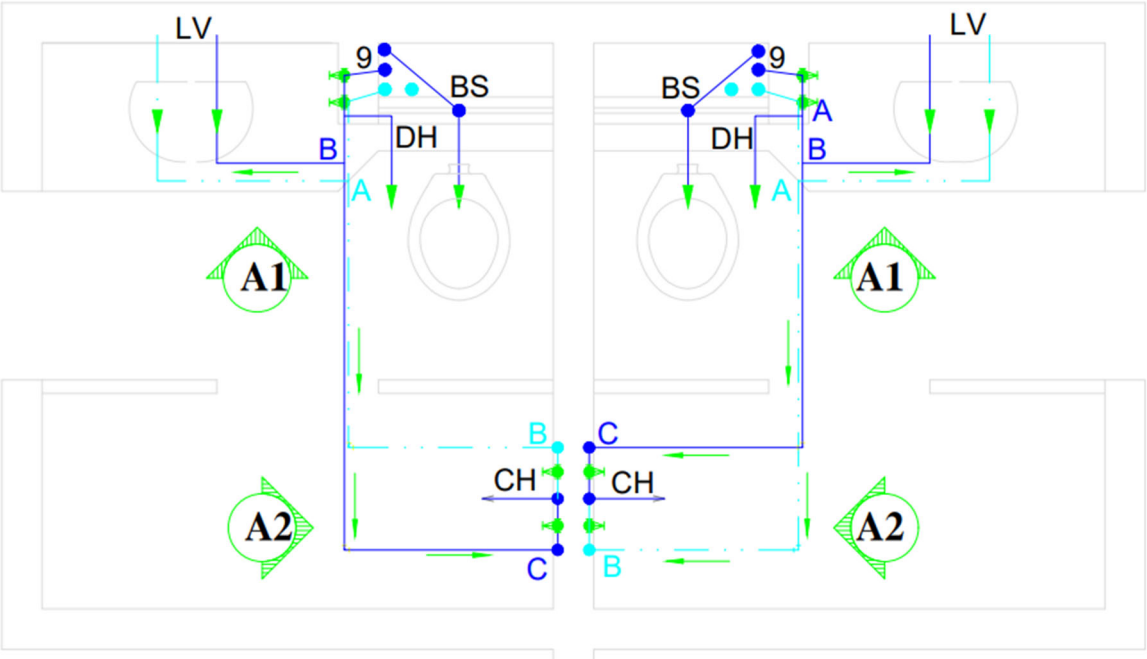

Figura 10 - Planta dos banheiros (Detalhe A)

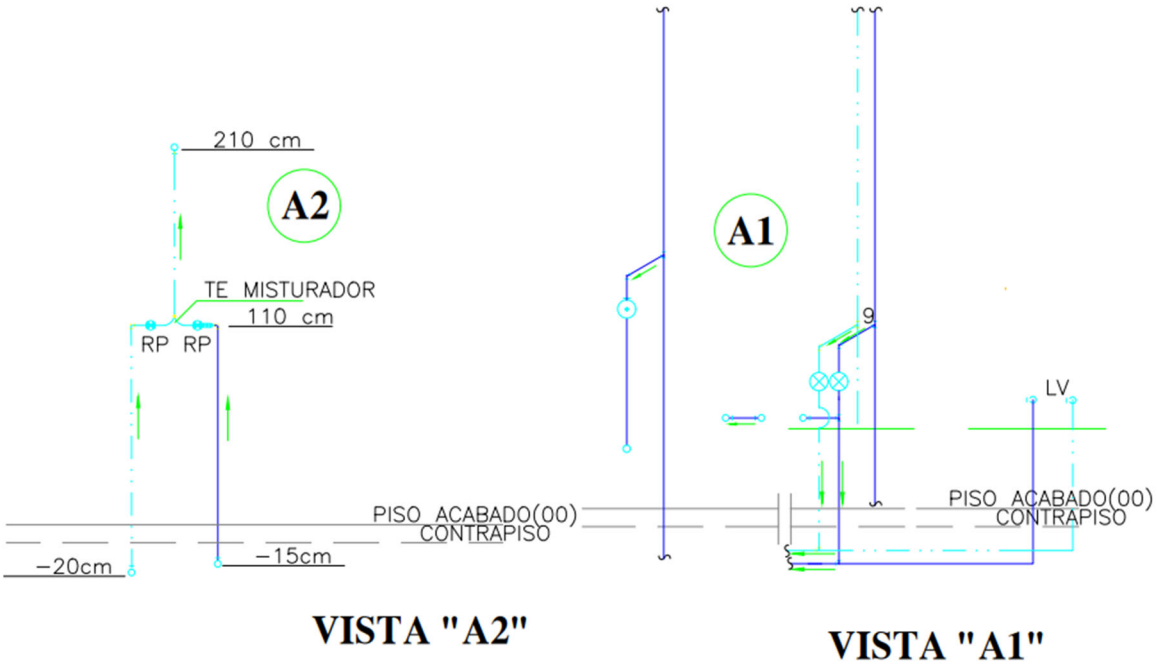

Figura 11 - Vistas "A1" e "A2" do Detalhe A - banheiro padrão dos quartos do hotel

Cenário 2:

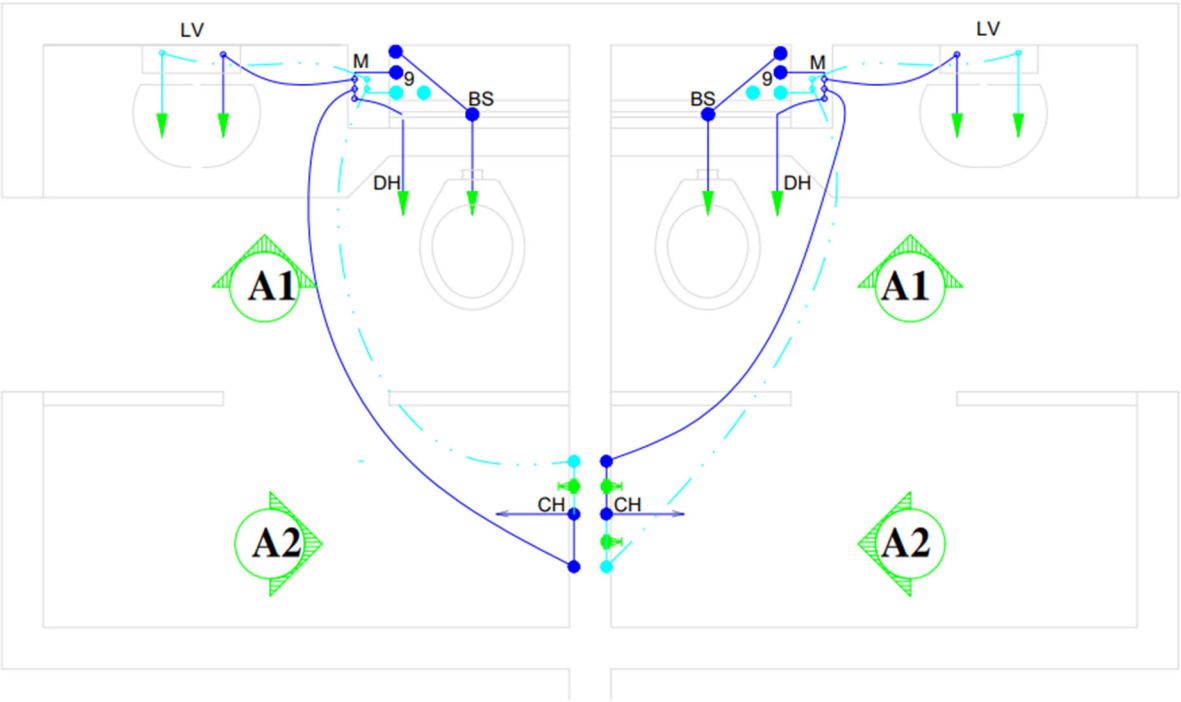

Figura 12 - Planta dos banheiros

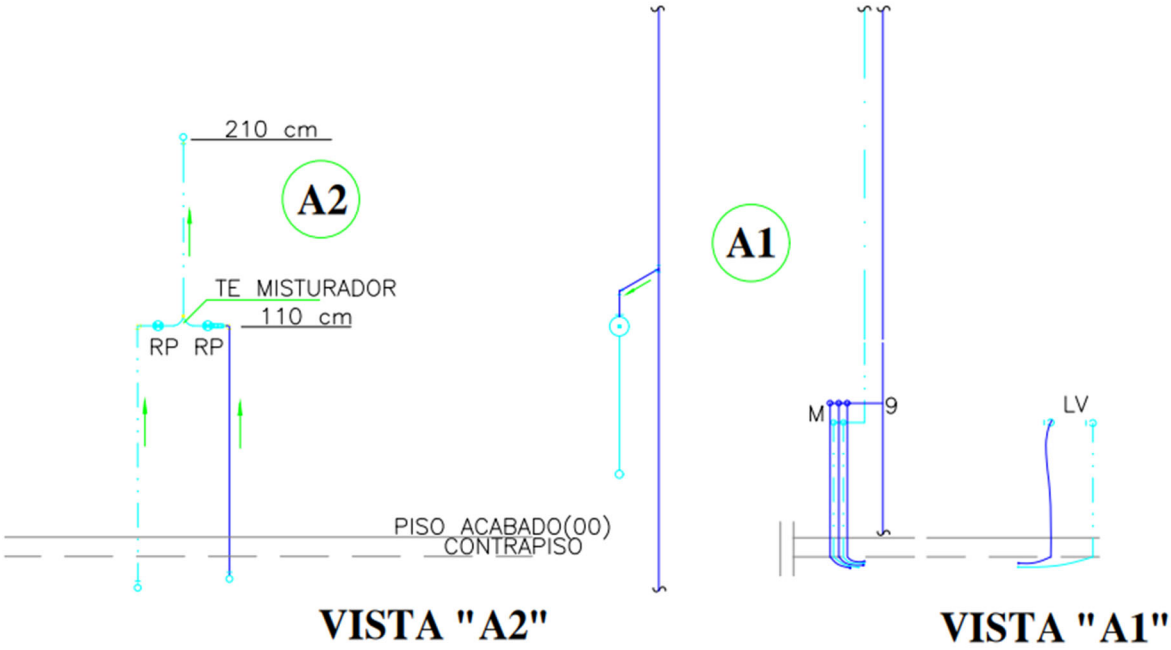

Figura 13 - Detalhes "A1" e "A2"

Para o cenário de estudo 1, na coluna de distribuição de água fria, o material escolhido para a tubulação foi o PVC, conforme dimensionamento apresentado na Tabela 1. Já para a coluna de distribuição de água quente, utilizou-se o material CPVC, conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 1: Dimensionamento prumada de água fria - PVC

Trecho	Peso	Vazão	Diâmetro	Velocidade	Comprimento (m)		Perda de Carga (m/m)		Desnível	Pressão (mca)	
		(L/s)	DN (mm)	m/s	Real	Equivalente	Unitária	Total	m	Montante	Jusante
R-1	104,0	3,1	85	0,7	5,63	13,70	0,0072	0,14	2,00	1,20	3,06
1-2	104,0	3,1	85	0,7	1,19	11,90	0,0072	0,09	0,00	3,06	2,97
2-3	56,0	2,2	75	0,6	9,39	7,80	0,0076	0,13	0,00	2,97	2,84
3-4	48,0	2,1	75	0,6	1,07	2,40	0,0067	0,02	0,00	2,84	2,81
4-5	40,0	1,9	75	0,5	0,49	2,40	0,0057	0,02	0,00	2,81	2,80
5-6	32,0	1,7	75	0,5	5,34	2,40	0,0047	0,04	0,00	2,80	2,76
6-7	24,0	1,5	75	0,4	0,46	2,40	0,0036	0,01	0,00	2,76	2,75
7-8	16,0	1,2	60	0,5	1,04	2,30	0,0073	0,02	0,00	2,75	2,73
8-9	8,0	0,8	60	0,4	3,92	12,50	0,0040	0,07	2,30	2,73	4,96
9-10	7,2	0,8	50	0,5	3,00	2,20	0,0091	0,05	3,00	4,96	7,91
10-11	6,4	0,8	50	0,5	3,00	2,20	0,0082	0,04	3,00	7,91	10,87
11-12	5,6	0,7	40	0,7	3,00	1,50	0,0210	0,09	3,00	10,87	13,78
12-13	4,8	0,7	32	1,1	3,00	0,90	0,0584	0,23	3,00	13,78	16,55
13-14	4,0	0,6	32	1,0	3,00	0,90	0,0498	0,19	3,00	16,55	19,35
14-15	3,2	0,5	32	0,9	3,00	0,90	0,0409	0,16	3,00	19,35	22,19
15-16	2,4	0,5	32	0,8	3,00	0,90	0,0318	0,12	3,00	22,19	25,07
16-17	1,6	0,4	32	0,6	3,00	0,90	0,0223	0,09	3,00	25,07	27,98
17-18	0,8	0,3	32	0,4	3,00	1,50	0,0122	0,05	3,00	27,98	30,93

TABELA 2: Dimensionamento prumada de água quente - CPVC

Trecho	Peso	Vazão	Diâmetro	Velocidade	Comprimento (m)		Perda de Carga m/m		Desnível	Pressão (mca)	
		L/s	DN (mm)	m/s	Real	Equivalente	Unitária	Total	m	Montante	Jusante
R-1	130,0	3,4	89	0,8	15,70	14,40	0,0080	0,24	2,00	1,20	2,96
1-2	130,0	3,4	89	0,8	1,25	11,90	0,0080	0,10	0,00	2,96	2,86
2-3	70,0	2,5	73	0,9	8,90	7,80	0,0125	0,21	0,00	2,86	2,65
3-4	60,0	2,3	73	0,8	1,90	2,40	0,0110	0,05	0,00	2,65	2,60
4-5	50,0	2,1	73	0,8	0,14	2,40	0,0093	0,02	0,00	2,60	2,58
5-6	40,0	1,9	73	0,7	5,21	2,40	0,0077	0,06	0,00	2,58	2,52
6-7	30,0	1,6	73	0,6	0,10	2,40	0,0060	0,01	0,00	2,52	2,50
7-8	20,0	1,3	54	0,9	1,85	2,30	0,0179	0,07	0,00	2,50	2,43
8-9	10,0	0,9	54	0,6	3,63	12,50	0,0098	0,16	2,30	2,43	4,57
9-10	9,0	0,9	54	0,6	3,00	2,20	0,0089	0,05	3,00	4,57	7,52
10-11	8,0	0,8	42	1,0	3,00	2,20	0,0291	0,15	3,00	7,52	10,37
11-12	7,0	0,8	35	1,2	3,00	1,50	0,0574	0,26	3,00	10,37	13,11
12-13	6,0	0,7	35	1,2	3,00	0,90	0,0502	0,20	3,00	13,11	15,92
13-14	5,0	0,7	35	1,1	3,00	0,90	0,0428	0,17	3,00	15,92	18,75
14-15	4,0	0,6	35	0,9	3,00	0,90	0,0352	0,14	3,00	18,75	21,61
15-16	3,0	0,5	35	0,8	3,00	0,90	0,0274	0,11	3,00	21,61	24,51
16-17	2,0	0,4	35	0,7	3,00	0,90	0,0192	0,07	3,00	24,51	27,43
17-18	1,0	0,3	35	0,5	3,00	1,50	0,0105	0,05	3,00	27,43	30,39

5.2 Dimensionamento dos ramais e sub-ramais de distribuição

5.2.1 Cenário 1

No cenário 1, os ramais e os sub-ramais são compostos por tubulações de PVC para água fria e CPVC para água quente e, seguindo a metodologia de dimensionamento apresentada no item 3.2, obteve-se os seguintes resultados, conforme demonstrado nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3: Dimensionamento ramais e sub-ramais de água fria - PVC

Trecho	Peso	Vazão	Diâmetro	Comprimento (m)		Perda de Carga m/m		Desnível	Pressão m.c.a.	
		L/s	DN (mm)	Real	Equivalente	Unitária	Total	m	Montante	Jusante
9-A	0,8	0,450	25	0,71	8,70	0,0964	0,91	0,20	4,96	4,25
A-B	0,7	0,350	25	0,18	0,80	0,0621	0,06	0,65	4,25	4,84
A-DH	0,1	0,100	20	0,30	3,40	0,0216	0,08	0,00	4,25	4,17
B-LV	0,3	0,150	20	1,69	7,90	0,0439	0,42	-0,75	4,84	3,67
B-C	0,4	0,200	25	2,00	4,00	0,0233	0,14	-1,25	3,67	2,28
C-CH	0,4	0,200	28	0,90	15,00	0,0159	0,25	-0,90	2,28	1,12

TABELA 4: Dimensionamento ramais e sub-ramais de água quente - CPVC

Trecho	Peso	Vazão	Diâmetro	Velocidade	Comprimento (m)		Perda de Carga m/m		Desnível	Pressão m.c.a.	
		L/s	DN (mm)	m/s	Real	Equivalente	Unitária	Total	m	Montante	Jusante
9-A	1	0,240	22	0,9	1,06	5,80	0,0763	0,52	0,20	4,57	4,25
A-LV	0,5	0,120	15	1,0	1,85	4,50	0,1438	0,91	-0,75	4,25	2,58
A-CH	0,5	0,120	22	0,5	4,59	18,50	0,0227	0,52	-2,15	4,25	1,57

5.2.2 Cenário 2

No cenário 2, os ramais e os sub-ramais são compostos por tubulações de PEX para água fria e PEX para água quente e, seguindo a metodologia de dimensionamento apresentada no item 3.2, obteve-se os seguintes resultados, conforme demonstrado na Tabela 5 e na Tabela 6.

TABELA 5: Dimensionamento ramais e subramais de água fria - PEX

Trecho	Peso	Vazão	Diâmetro	Velocidade	Comprimento (m)		Perda de Carga m/m		Desnível	Pressão m.c.a.	
		(L/s)	DN (mm)	m/s	Real	Equivalente	Unitária	Total	m	Montante	Jusante
9-M	0,8	0,450	32	0,8	0,19	0,26	0,0390	0,02	0,00	4,96	4,94
M-LV	0,3	0,150	20	0,7	2,10	0,81	0,0559	0,16	0,10	4,94	4,88
M-CH	0,4	0,200	20	1,0	3,69	11,57	0,0925	1,41	-2,40	4,94	2,13
M-DH	0,1	0,100	20	0,5	0,19	3,40	0,0275	0,10	0,00	4,94	4,84

TABELA 6: Dimensionamento ramais e sub-ramais de água quente - PEX

Trecho	Peso	Vazão	Diâmetro	Velocidade	Comprimento (m)		Perda de Carga m/m		Desnível	Pressão m.c.a.	
		L/s	DN (mm)	m/s	Real	Equivalente	Unitária	Total	m	Montante	Jusante
9-M	1	0,240	20	1,2	0,19	0,00	0,1258	0,02	0,00	4,66	4,64
M-LV	0,5	0,120	20	0,6	2,10	0,81	0,0374	0,11	0,10	4,64	4,63
M-CH	0,5	0,120	20	0,6	3,69	11,57	0,0374	0,57	-2,40	4,64	1,67

5.3 Orçamentos

Após a realização do dimensionamento de ambos os cenários, realizou-se o levantamento dos materiais e posterior orçamento, conforme descrito no item 3.3. Todas as composições usadas foram retiradas da SINAPI (2022) levando em consideração o local de utilização das tubulações, pois a produtividade varia com o local de execução como: prumadas, ramais de distribuição e ramais e sub-ramais. Os levantamentos de materiais e o orçamento são apresentados nas Tabelas 7, 8, 9 e 10.

5.3.1 Cenário 1

Para o Cenário 1, obteve-se os seguintes resultados consolidados, conforme as Tabelas 7 e 8:

- Valor total para implantação, incluindo material e mão de obra: R$ 158.034,26
  - Valor para implantação PVC: R$ 69.959,04
  - Valor para implantação CPVC: R$ 88.075,23
- Horas trabalhadas, incluindo um encanador + auxiliar: 2607 horas
- Custo por metro linear de tubulação instalada: 63,11 R$/m
  - Custo por metro linear PVC: R$ 60,73
  - Custo por metro linear CPVC: R$ 65,73
- Horas trabalhadas por metro linear de tubulação instalada: 1,04 H/m

TABELA 7 – Quantitativo água fria - PVC

Material	Unidade	Quantidade	Valor Composição (material + mão de obra)		Horas trabalhadas
Tubo PVC Soldável 85mm	m	6,82	R$	499,28	1,83
Tubo PVC Soldável 75mm	m	20,40	R$	1.145,85	1,71
Tubo PVC Soldável 60mm	m	22,37	R$	757,45	1,52
Tubo PVC Soldável 50mm	m	78,00	R$	1.591,95	4,52
Tubo PVC Soldável 40mm	m	39,00	R$	692,97	1,87
Tubo PVC Soldável 32mm	m	234,00	R$	3.896,80	62,71
Tubo PVC Soldável 25mm	m	492,70	R$	8.395,48	314,34
Tubo PVC Soldável 20mm	m	258,70	R$	11.137,04	165,05
Joelho 90º soldável 85mm	unid	3	R$	135,88	1,056
Joelho 90º soldável 60mm	unid	28	R$	1.123,40	7,168
Joelho 90º soldável 32mm	unid	13	R$	117,07	4,6514
Joelho 90º soldável 25mm	unid	520	R$	3.947,29	156
Joelho 90º soldável 20mm	unid	130	R$	858,34	33,54
Joelho 90º com bucha latão 20mmx1/2''	unid	260	R$	3.311,19	67,08

Continua...

TABELA 7 – QUANTITATIVO ÁGUA FRIA – PVC					
Material	**Unidade**	**Quantidade**	**VALOR COMPOSIÇÃO (MATERIAL + MÃO DE OBRA)**		**HORAS TRABALHADAS**
Joelho 90º com bucha latão 25mmx3/4''	unid	130	R$	1.992,29	33,54
Tê soldável 85mm	unid	2	R$	296,70	0,94
Tê soldável 60mm	unid	3	R$	152,69	1,02
Tê soldável 25mm	unid	130	R$	1.386,57	52
Registro de Gaveta 25mm	unid	130	R$	4.013,85	28,652
Registro de Gaveta 85mm	unid	2	R$	549,24	2,278
Registro de Pressão 25mm	unid	260	R$	6.660,11	57,304
Adaptador para registro PVC 25mm	unid	780	R$	4.618,34	156
Tê de redução 25x1/2''	unid	390	R$	5.242,22	112,32
Tê de redução 75x60mm	unid	7	R$	1.201,48	2,926
Tê de redução 60x3/4''	unid	13	R$	539,33	4,42
Tê de redução 50x3/4''	unid	26	R$	542,66	7,488
Tê de redução 40x32mm	unid	13	R$	261,36	3,094
Tê de redução 32x3/4''	unid	65	R$	1.001,75	18,59
Luva de redução soldável 25x20mm	unid	130	R$	497,90	14,964
Luva de redução soldável 32x25mm	unid	13	R$	94,68	1,04
Luva de redução soldável 40x32mm	unid	13	R$	126,49	1,534
Luva de redução soldável 50x40mm	unid	13	R$	72,51	0,432
Luva de redução soldável 75x60mm	unid	2	R$	126,74	0,624
Luva de redução soldável 85x75mm	unid	2	R$	132,35	0,702
Luva 85mm	unid	3	R$	220,88	0,702
Luva 75mm	unid	7	R$	259,34	1,456
Luva 60mm	unid	8	R$	178,49	1,36
Luva 50mm	unid	26	R$	293,30	3,744
Luva 40mm	unid	13	R$	117,13	1,534
Luva 32mm	unid	78	R$	388,65	6,24
Luva 25mm	unid	165	R$	957,16	33
Luva 20mm	unid	87	R$	424,82	14,964
TOTAL			**R$**	**69.959,04**	**1385,92712**

TABELA 8 – Quantitativo água quente - CPVC

Material	Unidade	Quantidade	Valor Composição (material + mão de obra)		Horas trabalhadas
Tubo CPVC Soldável 89mm	m	16,95	R$	3.569,06	1,6611
Tubo CPVC Soldável 73mm	m	20,03	R$	2.668,96	1,64246
Tubo CPVC Soldável 54mm	m	28,17	R$	1.617,17	1,74654
Tubo CPVC Soldável 42mm	m	39	R$	2.230,18	1,95
Tubo CPVC Soldável 35mm	m	273	R$	4.815,85	11,466
Tubo CPVC Soldável 22mm	m	734,5	R$	24435,69	497,991
Tubo CPVC Soldável 15mm	m	240,5	R$	5.199,46	128,908
Joelho CPVC 90º soldável 89mm	unid	3	R$	560,12	1,104
Joelho CPVC 90º soldável 54mm	unid	28	R$	1.815,16	9,296
Joelho CPVC 90º soldável 35mm	unid	13	R$	342,68	4,966
Joelho CPVC 90º soldável 22mm	unid	520	R$	6.096,69	143,52
Joelho CPVC 90º soldável 15mm	unid	260	R$	2.155,03	56,68
Joelho de transição CPVC 15mm	unid	130	R$	1.955,36	21,32
Joelho de transição CPVC 22mmx1/2''	unid	130	R$	2.540,36	21,32
Tê CPVC soldável 89mm	unid	3	R$	658,05	1,47
Tê CPVC soldável 73mm	unid	7	R$	1.244,41	2,856
Tê CPVC soldável 54mm	unid	1	R$	79,80	0,31
Tê CPVC soldável 22mm	unid	130	R$	1.566,59	47,58
Tê misturador 22mm	unid	130	R$	2.280,29	47,58
Registro de Gaveta 22mm	unid	130	R$	4.013,85	28,652
Registro de Gaveta 89mm	unid	4	R$	549,24	2,278
Adaptador para registro	unid	260	R$	3.107,83	47,84
Tê de redução 42x22mm	unid	13	R$	327,69	4,42
Tê de redução 35x22mm	unid	91	R$	2.052,85	30,03
Tê de redução 54x22mm	unid	2	R$	98,94	0,66
Luva de redução soldável 22x15mm	unid	130	R$	706,78	14,3
Luva de redução soldável 54x42mm	unid	13	R$	2.222,84	1,612
Luva de redução soldável 42x35mm	unid	13	R$	1.820,60	1,378
Luva de redução soldável 73x54mm	unid	4	R$	795,37	0,6
Luva 89mm	unid	6	R$	885,28	1,476
Luva 73mm	unid	7	R$	887,44	1,428
Luva 54mm	unid	10	R$	358,46	1,54
Luva 42mm	unid	13	R$	265,69	1,612
Luva 35mm	unid	91	R$	1.675,22	23,114
Luva 22mm	unid	245	R$	1.999,98	45,08
Luva 15mm	unid	81	R$	476,23	11,826
TOTAL			**R$**	**88.075,23**	**1221,2131**

5.3.2 Cenário 2

Para o Cenário 2, obteve-se os seguintes resultados consolidados:

- Valor total para implantação, incluindo material e mão de obra: R$ 432.555,31
    - Valor para implantação de água fria (PVC + PEX): R$ 257.950,65
    - Valor para implantação de água quente (CPVC + PEX): R$ 175.153,89
- Horas trabalhadas, incluindo um encanador + auxiliar: 1.671 horas
- Custo por metro linear de tubulação instalada: 185,44 R$/m
    - Custo por metro linear do sistema de água fria: R$ 218,98
    - Custo por metro linear do sistema de água quente: R$ 119,88
    - Custo por metro linear PEX: R$ 428,26
- Horas trabalhadas por metro linear de tubulação instalada: 0,72 H/m

TABELA 9 – Quantitativo água fria - PVC + PEX

Material	Unidade	Quantidade	Valor Composição (material + mão de obra)	Horas trabalhadas
Tubo PVC Soldável 85mm	m	6,82	R$ 499,28	1,83
Tubo PVC Soldável 75mm	m	20,40	R$ 1.145,85	1,71
Tubo PVC Soldável 60mm	m	22,37	R$ 757,45	1,52
Tubo PVC Soldável 50mm	m	78,00	R$ 1.591,95	4,52
Tubo PVC Soldável 40mm	m	39,00	R$ 692,97	1,87
Tubo PVC Soldável 32mm	m	234,00	R$ 3.896,80	62,71
Tubo PEX 32mm	m	24,70	R$ 1.400,24	5,04
Tubo PEX 20mm	m	752,70	R$ 34.165,05	104,63
Tubo bainha para PEX 32mm	m	24,70	R$ 1.314,04	5,04
Tubo bainha para PEX 20mm	m	752,70	R$ 37.936,08	104,63
Distribuidor 3 saídas 32x20mm com registro	unid	130,00	R$ 40.147,90	145,60
Conexão fixa femea pex 20mm	unid	390,00	R$ 20.365,80	92,04
Conexão fixa femea pex 32mm	unid	130,00	R$ 8.960,90	45,11
Joelho 90º soldável 85mm	unid	3	R$ 135,88	1,06
Joelho 90º soldável 60mm	unid	28	R$ 1.123,40	7,17
Joelho 90º soldável 32mm	unid	13	R$ 117,07	4,65
Joelho Terminal Rosca Fêmea PEX 20mmx1/2''	unid	390	R$ 23.080,20	138,45
Tê soldável 85mm	unid	2	R$ 296,70	0,94
Tê soldável 60mm	unid	3	R$ 152,69	1,02
Tê soldavel 32mm	unid	65	R$ 11.085,10	12,74
Registro de Pressão PEX 20mm	unid	260	R$ 6.660,11	57,30
Registo de Gaveta PVC 85mm	unid	2	R$ 549,24	2,28
Conexão fixa macho pex 20mm	unid	520	R$ 27.154,40	122,72
Tê de redução 75x60mm	unid	7	R$ 1.201,48	2,926
Tê de redução 60x25mm	unid	13	R$ 2.596,36	3,666
Luva de redução rosqueavel 32x25mm	unid	13	R$ 2.209,35	2,6
Tê de redução 50x32mm	unid	26	R$ 4.908,80	6,76
Tê de redução 40x32mm	unid	13	R$ 2.217,02	3,094
Luva soldável com bucha latão 32mm	unid	104	R$ 19.672,64	24,752
Luva de redução soldável 40x32mm	unid	13	R$ 126,49	1,53

TABELA 9 – Quantitativo água fria - PVC + PEX

Material	Unidade	Quantidade	Valor Composição (material + mão de obra)		Horas trabalhadas
Luva de redução soldável 50x40mm	unid	13	R$	72,51	0,43
Luva de redução soldável 75x60mm	unid	2	R$	126,74	0,62
Luva de redução soldável 85x75mm	unid	2	R$	132,35	0,70
Luva 85mm	unid	3	R$	220,88	0,70
Luva 75mm	unid	7	R$	259,34	1,46
Luva 60mm	unid	8	R$	178,49	1,36
Luva 50mm	unid	26	R$	293,30	3,74
Luva 40mm	unid	13	R$	117,13	1,53
Luva 32mm	unid	78	R$	388,65	6,24
TOTAL			**R$**	**257.950,65**	**986,70**

TABELA 10 - Quantitativo água quente – CPVC + PEX

Material	Unidade	Quantidade	Valor Composição (material + mão de obra)		Horas trabalhadas
Tubo CPVC Soldável 89mm	m	16,95	R$	3.569,06	1,66
Tubo CPVC Soldável 73mm	m	20,03	R$	2.668,96	1,64
Tubo CPVC Soldável 54mm	m	28,17	R$	1.617,17	1,75
Tubo CPVC Soldável 42mm	m	39,00	R$	2.230,18	1,95
Tubo CPVC Soldável 35mm	m	273,00	R$	4.815,85	11,47
Tubo PEX 20mm	m	777,40	R$	35.286,19	108,06
Tubo bainha para PEX 20mm	m	777,40	R$	39.180,96	108,06
Distribuidor 2 saídas 32x20mm com registro	unid	130,00	R$	28.187,90	111,28
Conexão fixa femea pex 20mm	unid	390,00	R$	20.365,80	92,04
Joelho CPVC 90º soldável 89mm	unid	3	R$	560,12	1,104
Joelho CPVC 90º soldável 54mm	unid	28	R$	1.815,16	9,296
Joelho CPVC 90º soldável 35mm	unid	13	R$	342,68	4,966
Joelho Terminal Rosca Fêmea PEX 20mmx1/2''	unid	260	R$	15.386,80	92,30
Tê CPVC soldável 89mm	unid	3	R$	658,05	1,47
Tê CPVC soldável 73mm	unid	7	R$	1.244,41	2,856
Tê CPVC soldável 54mm	unid	1	R$	79,80	0,31
Registo de Gaveta PVC 85mm	unid	4	R$	-	0,00
Tê misturador 22mm	unid	130	R$	2.280,29	47,58
Tê de redução 42x22mm	unid	13	R$	327,69	4,42
Tê de redução 35x22mm	unid	91	R$	2.052,85	30,03
Tê de redução 54x22mm	unid	2	R$	98,94	0,66
Conector CPVC 22x20mm	unid	106	R$	2.924,88	19,50
Luva de redução soldável 54x42mm	unid	13	R$	2.222,84	1,612
Luva de redução soldável 42x35mm	unid	13	R$	1.820,60	1,378
Luva de redução soldável 73x54mm	unid	4	R$	795,37	0,6
Luva 89mm	unid	6	R$	885,28	1,476

TABELA 10 - Quantitativo água quente – CPVC + PEX					
Material	**Unidade**	**Quantidade**	**Valor Composição (material + mão de obra)**		**Horas trabalhadas**
Luva 73mm	unid	7	R$	887,44	1,428
Luva 54mm	unid	10	R$	358,46	1,54
Luva 42mm	unid	13	R$	265,69	1,612
Luva 35mm	unid	91	R$	1.675,22	23,114
TOTAL			**R$**	**174.604,66**	**685,16**

5.4 Comparativos

Na Tabela 11, colocou-se lado a lado os dois cenários estudados e, desta forma, é possível identificar algumas relações, as quais serão apresentadas a seguir:

TABELA 11 - Comparativo dos cenários		
	Cenário 1	**Cenário 2**
Custo de implantação (mão de obra + materiais)	R$ 158.034,26	R$ 432.555,31
Horas trabalhadas	2607	1672
Custo por metro linear de tubulação instalada	R$ 63,11	R$ 185,44
Horas trabalhadas por metro linear de tubulação instalada	1,04	0,72

O custo de implantação do Cenário 2 se mostrou 2,74 vezes maior do que o custo de implantação no cenário 1, totalizando uma diferença de R$ 274.521,05, enquanto o custo por metro linear de tubulação instalada se mostrou 2,94 vezes maior no Cenário 2. Isso confirma o que já era esperado, uma vez que tanto as tubulações de PEX quanto as suas conexões possuem um valor mais alto do que as tubulações e conexões de PVC e CPVC.

Ao analisar a produtividade pode-se enxergar um cenário oposto. Para a implantação do Cenário 1, gastam-se 935 horas de mão de obra a mais do que no Cenário 2. Considerando uma jornada de trabalho de 44 horas semanais, sendo 4 semanas por mês, esse valor é equivalente a 5,31 meses a mais de implantação no Cenário 1.

Segundo o Informativo Mensal, Edição 175, elaborado pelo Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil (FOHB), em 2022 a cidade de Goiânia apresentou, até o mês de fevereiro, uma taxa de ocupação hoteleira média de 53,06% e um valor de diária média de R$ 215,25, o que significa um RevPAR (receita por apartamento disponível) de R$ 114,21.

Considerando uma análise simplificada, sem considerar o caminho crítico de serviços e as demais tarefas para a finalização de uma obra (etapas executivas que poderiam ter o tempo de execução conferidos em um estudo mais aprofundado empregando-se uma rede PERT CPM ou metodologia similar), se fossem consideradas as 130 unidades hoteleiras em estudo neste trabalho, poderiam ser alcançadas uma receita mensal de R$ 445.419,00. Levando em consideração o Cenário 2, o empreendimento poderia entrar em

operação 5,31 meses antes do Cenário 1. Portanto, seria obtida uma receita de R$ 2.365.174,89 neste período, o que seria 8,62 vezes maior do que a diferença de custo entre os cenários 1 e 2.

De acordo com o estudo "Hotelaria em Números – Brasil 2021", desenvolvido pela consultoria Jones Lang LaSalle Hotels, com o apoio do FOHB, o resultado operacional bruto das operações hoteleiras no Brasil no período de 2011 a 2019 obteve um valor médio de 32,12%. Logo, do faturamento total de R$ 2.365.174,89, poderíamos prever um lucro de R$ 759.746,73 no período de 5,31 meses. Portanto, ainda assim, um valor 2,77 vezes maior que a diferença de custo entre os cenários 1 e 2.

6. CONCLUSÃO

A utilização de tubulações PEX nos sistemas prediais de água fria e água quente ainda é, sem dúvidas, algo desafiador, visto que necessita uma alta exposição de capital. Por meio do estudo realizado e considerando os cenários estudados, a rede de distribuição considerando PVC e CPVC apresentou um custo 63,5% menor que o custo do cenário 2, utilizando-se uma rede de PVC e PEX. Apesar disto, o Cenário 2 só se tornou viável pois o empreendimento em estudo trata-se de um hotel que gera renda mensalmente em uma capital que, apesar de não ser um polo turístico, movimenta muitos usuários, com destaque para a produção e distribuição de vestuários, mercado imobiliário superaquecido, eventos esportivos recorrentes, entre outras atividades que movimentam a atividade hoteleira goianiense.

Pensando nisso, como proposta de estudos futuros ou aprofundamento deste estudo é preciso considerar que na construção civil, grande parte das atividades são diretamente dependentes umas das outras, ou seja, para garantir uma elevada produtividade causada pela escolha do Cenário 2, quais outras atividades também precisam ser mais eficientes e como elas podem ser mais eficientes? Qual seria a combinação perfeita de metodologias de construção para garantir que esse empreendimento realmente seja finalizado 5,31 meses antes do Cenário 1?

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUA FRIA PREDIAL TIGRE, 2016. Catálogo técnico do fornecedor – Publicação Eletrônica. Disponível em: < https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-agua-fria.pdf> Acesso em outubro, 2021

ÁGUA QUENTE PREDIAL TIGRE, 2021. Catálogo técnico do fornecedor – Publicação Eletrônica. Disponível em: < https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-agua-fria.pdf> Acesso em janeiro, 2022

ALEXANDRINO, C; MARQUES, V. **COMO FAZER A HIDRÁULICA DO BANHEIRO: PASSO A PASSO.** Blog telha norte – Publicação Eletrônica. Disponível em: <https://blog.telhanorte.com.br/como-fazer-hidraulica-banheiro/> Acesso em novembro, 2021.

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.** Goiânia, 2021.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de; **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura** – 3 edição rev. ampl. e atual; São Paulo, Editora Blucher, 2010.

CUPERTINO, D.; BRANDSTETTER, M. C. G. de O.; **Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência técnica.** Ambiente Construído, Porto Alegre,v. 15, n. 4, p. 243-265, out./dez. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

FERREIRA, Rodrigo Pereira; CAUDURO, Flávia; **ANÁLISE DOS MÉTODOS DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÕES DE REDE PREDIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - ESTUDO DE CASO**; Universidade do Extremo Sul Catarinense; 2017.

FÓRUM DE OPERADORES HOTELEIROS DO BRASIL. **Hotelaria em Números - Brasil 2021.** Publicação eletrônica. Disponível em: < http://fohb.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Hotelaria-em-numeros-2021.pdf> Acesso em março, 2022.

FÓRUM DE OPERADORES HOTELEIROS DO BRASIL. **Informativo FOHB – Fevereiro 2022, edição 175.** Publicação eletrônica. Disponível em: < http://fohb.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Hotelaria-em-numeros-2021.pdf> Acesso em março, 2022.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias.** Rio de Janeiro/rj, Editora Guanabara Koogan S.A., 1990.

MONTEIRO, P. R. M. **Produtividade da mão de obra na execução de instalações prediais hidráulicas e sanitárias.** Dissertação (Pós-Graduação) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2017.

NUNES, L.R., RODOLFO JR., A., ORMANJI, W., **Tecnologia do PVC**, 2ª Edição, Braskem, 2006.

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos.** Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2008.

PEX TIGRE MONOCAMADA/MULTICAMADA, 2016. Catálogo técnico do fornecedor – Publicação Eletrônica. Disponível em: < https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-predial-pex.pdf > Acesso em outubro, 2021.

Plastics Pipe Institute, Inc (PPI); Plastic Pipe and Fittings Association (PPFA); Partnership for Advancing Technology in Housing; NAHB Research Center, DESIGN GUIDE – **Residential PEX Water Supply Plumbing Systems**, Inc.; 2006.

RODOLFO JR.. et al. **A tecnologia do PVC.** Braskem S.A. São Paulo 2006.

SANTOS, V. M., M. R. Modolo. **Sistema PEX e as inovações na instalações prediais.** Dissertação Universidade de Araraquara, 2019.