

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO PEX EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Pedro Augusto Nunes Cândido

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(pedro14madruga@gmail.com)*

Thales Augusto Assunção Peixoto

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(thalesapeixoto@hotmail.com)*

Eduardo Martins Toletto

*Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(eduardomtoledo@gmail.com)*

Agnaldo Antonio Moreira Teodoro da Silva

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

RESUMO

Muito já se conhece sobre o PVC, há décadas sendo utilizado em instalações hidráulicas prediais, amplamente disponível no mercado e com uma vasta gama de informações disponíveis para auxiliar seu uso e dimensionamento. Não muito distante desse conhecimento, encontram-se o PPR e o CPVC, que de forma análoga atendem a transporte de fluidos, porém estes normalmente sob temperaturas mais elevadas ou sob pressões mais elevadas, que o PVC não suportaria. Nesse cenário surge uma alternativa sustentável e muito viável, o PEX. Além de muito flexíveis, um dos principais fatores que colaboram para a utilização do PEX em obras de construções civis, é o ganho de pressão que se tem nos pontos de consumo, pois o material não exige a utilização de muitas peças e consegue atender a grandes distâncias através da ligação ponto a ponto, fatores estes que proporcionam uma grande diminuição na perda de carga. Assim sendo, este trabalho realiza um estudo comparativo entre um projeto de uma planta predial em PEX e outra em PVC. Esse material pode proporcionar custos de até 17% a mais em relação ao PVC inicialmente, porém, levando em consideração todo o processo construtivo, desde de materiais, mão-de-obra, equipamentos até o tempo de produção, o mesmo se torna mais econômico e eficaz. Através das análises comparativas do estudo de caso deste trabalho, comprova-se que o PEX pode ser eficaz para instalações em edificações de grande porte com diversos pavimentos, ou ainda mais eficaz para obras de pequeno porte, como casas térreas ou de poucos pavimentos; além de se adaptar para o uso de água quente e fria sem a necessidade de troca do material. Esse fator de fácil adaptação a qualquer uso em edificações residenciais tem trazido expansão ao material, levando-o a se tornar mais conhecido e mais buscado por grandes e médias construtoras. Se corretamente dimensionado e executado, o PEX trará economias durante e pós obras e conforto ao usuário final, proporcionando benefícios para quem constrói e para quem utiliza a unidade habitacional.

PALAVRAS-CHAVE: PEX. Instalações Hidráulicas. Inovações Tecnológicas. Redução de Custos. Construções Civis.

1 INTRODUÇÃO

Desde o princípio das construções, busca-se tornar o processo construtivo cada vez mais sustentável, rápido e limpo. Com a implementação desses novos recursos, os impactos gerados, bem como os custos gerais de uma construção, foram severamente diminuídos. São conhecidos hoje, por exemplo, materiais para instalações hidráulicas diferenciados, como polietileno reticulado (PEX), polipropileno copolímero random (PPR) e o cloreto de vinila clorado (CPVC). Estes materiais tornaram possíveis algumas evoluções, como uso de água quente em qualquer ponto de uma residência por exemplo; algo que até então era muito difícil ou até impossível de ser feito.

O PEX se sobressai no que tange à instalações hidráulicas. Sendo mais flexível que o PVC, o mesmo é mais resistente, suporta mais pressão, bem como água quente e fria. A instalação é mais limpa, e, mesmo tendo um custo um pouco mais elevado, em torno de 20% a mais, a diferença de gastos com pós obra, como vazamentos, ressecamentos, quebras, etc, é consideravelmente menor. Este material ainda possui algumas limitações, como apenas pequenos diâmetros disponíveis comercialmente (até 32 mm) e necessidade de mão de obra especializada. Entretanto, com a expansão de seu uso, têm surgido inúmeros profissionais especializados na área, bem como um maior número de estabelecimentos que comercializam o tubo. O crescimento da construção civil, faz com que novos materiais sejam desenvolvidos e estudados, visando uma execução rápida e de melhor qualidade, onde a qualidade de vida do usuário irá depender diretamente da infraestrutura de sua edificação.

2 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS

Após a década de 80, mudanças tecnológicas em toda indústria mundial, se apresentaram significativas para o crescimento econômico e social, e, desta maneira, a indústria de engenharia começa a buscar novos processos de produção, buscando assim atender ao seu cliente, que com o crescimento tecnológico cada vez mais acelerado não buscavam mais apenas economia em seus produtos adquiridos, mas procuravam também que o mesmo atendesse à durabilidade e a qualidade, bem como construções cada vez maiores.

Desta maneira, quando se pensa em transporte de fluidos, vários pontos se vem à cabeça. O custo desta etapa em um empreendimento, sua execução, as possíveis falhas, os profissionais capacitados e os materiais a serem utilizados são alguns deles. Com a gama de produtos apresentados pelo mercado, são necessárias avaliações e comparações quanto a custo/benefício de cada item. Estudos recentes mostram o quanto o grafeno e o super-pvc podem ser positivos para esta área, mas ainda há muito para ser levado em consideração, a começar pelo seu elevado custo, desta forma esses materiais ainda se apresentam pouco difundidos no mercado brasileiro enquanto alguns mais conhecidos e utilizados como o PVC para instalações hidráulicas e de esgoto, são mais procurados e utilizados em construções.

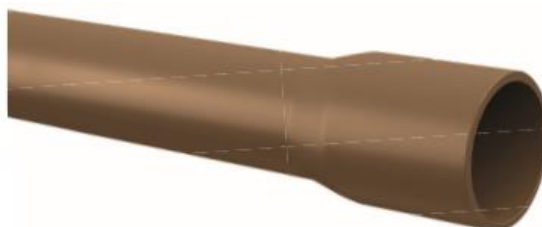
3 MATERIAIS HIDRÁULICOS

3.1 POLICLORETO DE VINILA - PVC

O policloreto de vinila (PVC) é atualmente o material mais utilizado em instalações hidráulicas; se mostrou durante anos um material resistente, prático e de fácil instalação, sendo possível encontrar com facilidade profissionais no mercado de trabalho. Com o passar do tempo, surgiu a necessidade do uso de água quente, construções cada vez maiores com cada vez mais perda de carga ao longo do percurso, a preocupação com o meio ambiente cada vez mais acentuada e a frequente preocupação com os gastos e desperdícios de material. Mesmo com o surgimento de novas tecnologias, o PVC ainda se apresenta dominante para alguns fins, como efluentes residenciais e grandes diâmetros para transporte de água fria. O Policloreto de Vinila é o segundo material termoplástico mais consumido no mundo, e apesar de alguns países terem um baixo consumo, existe um grande potencial para o crescimento.

Devido a sua versatilidade, o seu fácil manuseio, e à não necessidade de mão de obra especializada o mesmo se apresenta adequado para utilização em sistemas prediais de esgoto. Por serem comercializados em grandes diâmetros, é pertinente o uso do PVC em sistemas que necessitam de tubulações com elevadas dimensões, como ligações entre redes de águas pluviais até a rede de descarga pública e prumadas de grandes edificações; e por possuir ainda pequenos diâmetros, usos como rede de irrigação de solos, ligação de ramais à sub ramais se tornam bem atendidos por ele. Comercializados em barras de 3 e 6 metros. Seus diâmetros variam de 20mm a 200mm e a vida útil dos tubos é de até 50 anos. Podem ser soldados a frio e não requerem equipamentos especiais nem mão de obra especializada, apenas capacitada, visto que a oferta de mão de obra para este material é abundante.

Figura 1 - Tubo soldável PVC



Fonte: TIGRE, 2019.

Figura 2 - Tubo roscável PVC



Fonte: TIGRE, 2019.

O dimensionamento das tubulações é de fácil acesso, visto a quantidade de softwares e informações e catálogos já disponíveis. Quanto às instalações, devido ao peso do fluido durante o seu escoamento, parâmetros como perda de carga e rugosidade do material devem ser levados em consideração para o dimensionamento do sistema. A NBR 5626 (ABNT, 1998) dispõe de tabelas para esses cálculos, que convertem as perdas de carga localizadas em peças e conexões em pesos e comprimentos virtuais. Estes são somados ao comprimento real do tubo sem estas peças e o resultado é utilizado no cálculo dos diâmetros ideais para uso.

3.2 POLIPROPILENO COPOLÍMERO RANDOM (PPR)

O Polipropileno Copolímero Random (PPR) foi desenvolvido na Alemanha, com o intuito de solucionar problemas em instalações de água quente, onde ocorriam muita perda de calor, corrosão nas tubulações e também desperdícios. Este material é uma resina poliefínica, e, por ser um polímero, sua principal composição é o Petróleo. Um dos principais fatores que colaboram na sua utilização é ser ecologicamente correto, pois como suas peças são soldadas por termofusão o desperdício de materiais é pequeno.

A execução e instalação deste material são práticas e rápidas, mas ainda é necessário que a mão de obra seja especializada, e de equipamentos para sua instalação, e, por este motivo, ainda é pouco conhecido, e pouco utilizado. De acordo com o Catálogo da Amanco de 2019, este material possui como maiores vantagens a redução de ruídos no sistema, alta resistência química, tornando-o um material bastante resistente a corrosão, resistente a picos de temperatura, sendo compatível com os principais tipos de aquecedores prediais; por ser um material atóxico possui maior segurança para os usuários.

Existem no mercado três classes de Tubos de PPR: PN12, PN20 e PN25, o que difere destes três tipos são a resistência em relação a pressões e a temperatura. Estes produtos possuem diâmetros no mercado que variam de 20mm à 110mm: PN 25: 70°C a 80 m.c.a., suportando picos de 95°C a 80 m.c.a.; PN 20: 70°C a 60 m.c.a., suportando picos de 95°C a 60 m.c.a.; PN 12 (apenas para uso em instalações de água fria): até 100 m.c.a., para temperaturas médias de 27°C (AMANCO, 2019).

Figura 3 - Tubos e conexões de PPR



Fonte: AMANCO, 2019.

Muito se compara a seu custo no início da obra, por ser um material mais resistente à fatores externos. O seu valor de mercado supera os mais utilizados e comuns como o Policloreto de Vinila (PVC) em até 45% ; porém quando se compara ao tipo de sistema, seu tempo de execução, ao desperdícios do material e também ao seu tempo de vida útil e a sua manutenção, o PPR apresenta melhor custo benefício que o PVC.

Os tubos e conexões Amanco PPR foram desenvolvidos de acordo com a norma NBR 15813 (ABNT, 2010) – Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polipropileno copolímero Random (PPR), atendendo às especificações exigidas pela NBR 7198 (ABNT, 1993) – Projeto e execução de instalações prediais de água quente.

3.3 POLICLORETO DE VINILA CLORADO (CPVC)

O Policloreto de Vinila Clorado CPVC foi desenvolvido para utilização em instalações de água quente. Com o intuito de melhores desempenhos quanto à qualidade e ao prazo, este material vem se sobressaindo no mercado em relação a instalações de cobre, por ser um material isolante, que não sofre ataques de corrosão pela água e com métodos construtivos similares ao PVC Rígido. Um dos fatores que fazem do mesmo acessível para construções que envolvem instalações de água quente, é a sua facilidade para instalação, pois suas peças são soldadas a frio e não exigem a necessidade de mão de obra especializada. O mesmo consegue suportar pressões de até 60 m.c.a, e é utilizado em sistemas que necessitam de um material que possa suportar elevadas temperaturas, pois consegue alcançar conduções de até 80°C.

Em relação ao custo-benefício, este material se apresenta bastante vantajoso por não precisar de mão de obra especializada como outros. A sua forma de junta entre as conexões é soldada à frio, de maneira simples e rápida; assim a produtividade aumenta e o seu menor custo apresenta-se vantajoso.

Figura 4 - Tubos e conexões de CPVC



Fonte: AMANCO, 2019.

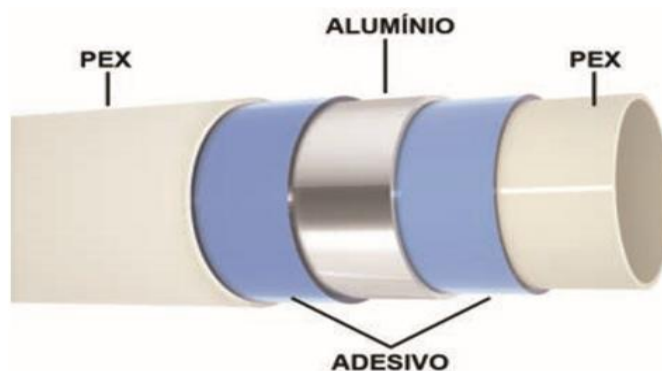
Desta forma, quando o sistema é realizado com padrões rigorosos de qualidade, e feito por profissionais qualificados, o CPVC pode se tornar um material eficiente para determinadas instalações em construções civis. Entretanto vale ressaltar a importância de sempre ser observado e realizado estudos de viabilidade de matérias, de forma que seja observado parâmetros como manutenções futuras e garantias de segurança, onde alguns materiais se apresentem bastante interessantes, para serem utilizados em sistemas de grande porte, tendo como principal fator o custo-benefício equivalente a possíveis gastos futuros, que não são levados em conta em orçamentos. Sendo desenvolvido por sistemas semelhantes ao comum PVC, e podendo ser utilizado quanto em instalações prediais e residenciais de água fria e quente, este atende à NBR 15884 (ABNT, 2011) – Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria em policloreto de vinila clorado (CPVC) e também NBR 7198 (ABNT, 1993) – Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Fundamentadas com o intuito de garantir a eficácia e segurança de sistemas hidráulicos.

3.4 POLIETILENO RETICULADO – PEX

O PEX é a evolução mais atual no quesito transporte de fluidos; de água quente ou fria, até gás sob pressões elevadas. O polietileno reticulado (PEX) é flexível e capaz de fazer curvas com grandes angulações, evitando uso de conexões e, conseqüentemente, de alguns de seus pontos negativos, como vazamentos, trincas e perda de carga. Este tubo é capaz de proporcionar redução de gastos à longo prazo, principalmente quando se trata de construtoras com grande fluxo de obras de grande porte, por possuir um baixo índice de ocorrências pós entrega de obras.

O PEX se divide em dois tipos: o monocamada e o multicamada. O monocamada é amplamente utilizado para transporte de água fria e quente, já o multicamada é utilizado no transporte de água quente, gás natural e gás liquefeito de petróleo. A versão monocamada do PEX pode ser encontrada comercialmente em diâmetros de 16, 20, 25, e 32 mm e podem suportar uma pressão máxima de 60 mca a 80 °C. A versão multicamada do PEX possui uma camada de alumínio no interior do tubo. Essa característica faz com que maiores pressões e maiores temperaturas sejam suportadas em relação ao monocamada, elevando sua pressão de trabalho para até 100 mca de pressão a 95 °C, podendo suportar picos de até 110 °C. Os diâmetros e o comprimento das bobinas disponíveis comercialmente são os mesmos do monocamada: 16, 20, 25, e 32 mm.

Figura 5 – Tubo PEX Multicamadas



Fonte: OS AUTORES, 2019.

A fabricante Tigre, cita ainda como principais benefícios do PEX: rápida e fácil instalação do material; a possibilidade do uso de menores bitolas por possuir paredes internas lisas e de bom desempenho hidráulico; boa durabilidade dos tubos e conexões, por não sofrerem corrosão. Se utilizado internamente à paredes de drywall, a manutenção dos tubos se torna ainda mais fácil. O PEX é instalado de duas maneiras: por crimpagem e por rosca. A definição de qual usar se assemelha aos anteriores: crimpagem visa atender instalações permanentes e rosca à instalações provisórias, como canteiros de obras por exemplo, por permitir o reaproveitamento e fácil troca dos componentes quando necessário.

Com intuito de apresentar maior segurança quanto ao sistema, cada material deve atender a normas e especificações dispostas abaixo, com intuito de que este possa apresentar boas condições para seu uso, levando em consideração pressão e temperatura, como principais fatores a serem considerados. A normatização do PEX se divide em três partes: NBR 15939-1 (ABNT, 2011) – Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio; NBR 15939-2 (ABNT, 2011) – Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 2: Procedimentos para projeto; NBR 15939-3 (ABNT, 2011) – Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 3: Procedimentos para instalação. Existe ainda a norma internacional que regulamenta a fabricação do produto, a

ISO 15875. Como requisitos gerais de trabalho, o PEX deve suportar à pressão mínima de 60 m.c.a. e temperatura mínima de 80 °C, bem como preservar a potabilidade da água.

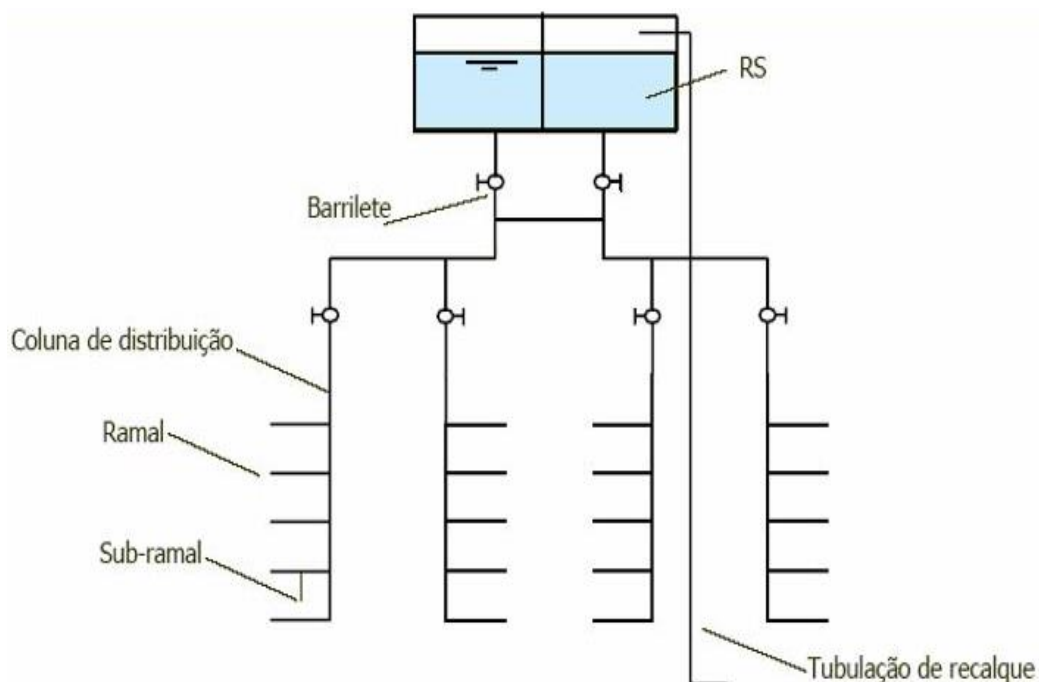
4 DIMENSIONAMENTO

Para as análises que serão realizadas nos próximos capítulos, serão levadas em considerações as premissas básicas deste capítulo. Para isso, foi utilizado um projeto de uma planta arquitetônica em PVC rígido comum e a mesma planta em PEX, ambos para abastecimento de água fria. Como já explicado anteriormente, o PEX possui, até a data deste trabalho, um limite de diâmetro de 32 mm; assim sendo, o dimensionamento em PEX terá a presença de tubos em PVC sempre que forem necessários diâmetros superiores a tal medida.

As normas utilizadas como parâmetros para o dimensionamento são as já citadas no capítulo anterior, nos tópicos de normatizações dos materiais. Para o calcular e dimensionar sistemas de abastecimento prediais de água fria em PVC e em PEX, basicamente se considera a pressão inicial (dada pela altura de coluna d'água formada linearmente no sentido vertical da edificação) e a perda dessa pressão ao longo da rede, ambos medidos em m.c.a. Essa perda de pressão não se dá apenas pelo atrito da água com a tubulação e com as peças, mas também pelas turbulências existentes com as mudanças de fluxo, que se dão em registros, tês, joelhos ou curvas; ou no caso do pex, com a própria curvatura da tubulação.

Os dimensionamentos serão feitos a partir de sistemas de abastecimento indiretos sem bombeamento, que consistem que a água passe por um reservatório, normalmente situado na parte mais alta de uma edificação, como a cobertura por exemplo, e depois seja distribuída pela edificação através de pressão gravitacional, ou seja, sem o uso de bombas; diferentemente do sistema direto sem bombeamento, no qual a água vem diretamente da rede de fornecimento público da concessionária e vai aos ramais, sub-ramais e pontos de consumo da instalação. Neste tipo de sistema, a rede de distribuição interna à edificação se divide em: recalque, reservatório(s), barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais que levam ao ponto de consumo final, conforme é mostrado na figura 6.

Figura 63 – Elementos de uma instalação predial de água fria



Fonte: OLIVE; PEREIRA, 2018.

O dimensionamento hidráulico predial será realizado para uma edificação composta de 5 pavimentos tipo, contendo 4 apartamentos também tipo por pavimento, que totalizará 20 unidades habitacionais.

4.1 DADOS INICIAIS

Para os cálculos a seguir, muito se determinará regiões denominadas “trechos”. Um trecho é uma região a ser especificada de acordo com cada etapa do dimensionamento e que é analisada isoladamente. De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998), após ter em mãos o projeto preliminar das tubulações, o primeiro passo para o dimensionamento é obter a demanda mínima diária dos moradores da edificação. Deve-se fazer uso da equação 1 para tal cálculo:

$$D=Pe \cdot Cd \cdot U \quad (1)$$

Onde:

D é a demanda de água fria diária em litros;

Pe é o número de pessoas por unidade habitacional ou apartamento;

Cd é o consumo diário de água fria por pessoa em litros;

U é a quantidade de apartamentos da edificação.

Figura 7 – Vista em planta do apartamento tipo



Fonte: OS AUTORES.

Para habitações com 1 dormitório comum e 1 dormitório para empregado(a), conforme o apartamento tipo da figura 7, são 2 pessoas no quarto da suíte e 1 pessoa no quarto do empregado(a), dessa forma são 3 pessoas por apartamento. Com 4 apartamentos por pavimento, são 12 pessoas por andar, multiplicado por 5 pavimentos totalizam 60 pessoas na edificação, e por ser apartamentos é considerado como demanda 200 Litros de água por pessoa. De posse desses dados, pode-se utilizar a equação 1:

$$D=3 \cdot 200 \cdot 20=12000$$
$$D=12000$$

Obtém-se a demanda diária de 12000 litros de água. Prevendo-se futuros problemas com abastecimento por parte da concessionária, muito comum no Brasil, calcula-se uma reserva para 2 dias sem abastecimento, que resulta em um total de 24000 litros de água. Ainda sobre esse valor, soma-se mais 20% referente à uma reserva para incêndio, totalizando assim 28800 litros ou 28,8 m³ de água. De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998), o dimensionamento de uma rede hidráulica predial deve ser feito a partir do andar mais inferior em direção ao mais superior, já que valores como perdas de carga, pressão e velocidade se acumulam ao longo do percurso feito pelo fluido. Dessa forma, dimensiona-se primeiro o “pior caso”, que é onde haverá o maior acúmulo destes valores.

De acordo também com a NBR 5626 (ABNT,1998), os dimensionamentos são efetuados levando-se em consideração pesos virtuais e comprimentos equivalentes para as perdas de cargas nas peças e tubulações. Para o prosseguimento do dimensionamento, o próximo passo é obter a vazão necessária para o abastecimento do ramal analisado através do somatório dos pesos equivalentes dos pontos de utilização deste trecho.

Esse cálculo é feito através da equação 2, representada abaixo:

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P} \quad (2)$$

Onde:

Q é a vazão calculada em litros por segundo (l/s);
∑ P é o peso virtual de cada peça ou conexão;

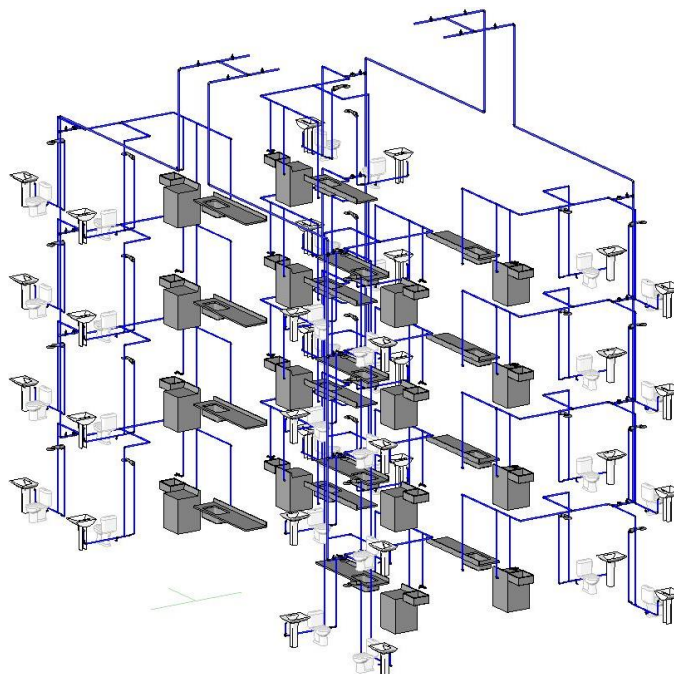
No projeto preliminar, o abastecimento foi dividido em 4 colunas d’água, dessa forma cada uma das colunas alimenta um apartamento por andar. As imagens 8 a 9 mostram sobre a edificação e o projeto preliminar hidráulico feito para o abastecimento de água fria deste prédio.

Figura 8 – Modelo 3D arquitetônico da edificação



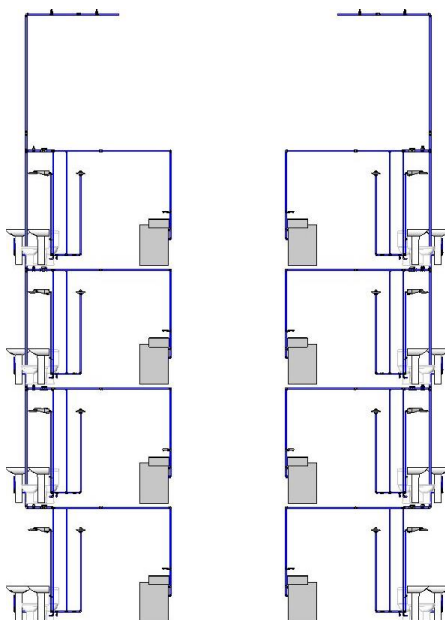
Fonte: OS AUTORES.

Figura 9 – Modelo 3D hidráulico da edificação



Fonte: OS AUTORES.

Figura 10 – Vista em corte da instalação hidráulica preliminar



Fonte: OS AUTORES.

Com o valor da vazão obtido na equação 2 e o somatório dos pesos, utiliza-se um ábaco denominado “Nomograma” para definição do diâmetro do ramal analisado. Esse ábaco fornece os diâmetros em milímetros. Para utilizá-lo, faz-se uma marcação com um ponto no valor do somatório dos pesos (valores à direita das linhas principais), e outra marcação no valor da vazão (valores à esquerda das linhas principais). Feito isso, liga-se com uma reta as marcações feitas, e estende-se a reta até às linhas externas que indicam o diâmetro a ser utilizado. Esse processo será mais detalhado e exemplificado no decorrer deste trabalho.

De posse do diâmetro a ser usado na parte analisada da tubulação, utiliza-se a equação de Fair-Whipple-Hsiao, que pode ser utilizada apenas no cálculo da perda de carga na tubulação dos ramais e sub-ramais, ao longo de cada metro linear de tubo. Esta equação está representada a seguir:

$$J = 8,6910^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad (3)$$

Onde:

- J** é a perda de carga por metro de tubulação (kPa/m);
- Q** é a vazão calculada na equação 2 para o trecho analisado (l/s);
- D** é o diâmetro encontrado através do Nomograma (mm);

Para a conversão de unidade da vazão de l/s para m³/s, basta dividir o valor de **Q** por 1000, já que 1 m³ é igual a 1000 l.

O próximo passo é descobrir o tipo e quantidade de peças utilizadas (joelhos, curvas, tês, etc) em cada trecho para calcular a perda de carga nestas. Essas quantidades também serão obtidas através do projeto preliminar feito anteriormente. Desta forma, a equação ficará:

$$C_{eq} = Q_{tdp} \cdot v_p \quad (4)$$

Onde:

- C_{eq}** é o comprimento equivalente total do tipo de peça analisada no trecho (m);
- Q_{tdp}** é a quantidade dessas peças no trecho analisado;
- v_p** é o valor do comprimento de cada uma dessas peças, conforme tabela 1 (m);

De posse dos comprimentos equivalentes no trecho analisado, faz-se a soma destes e obtém-se o comprimento equivalente acumulado. Levanta-se, então, o valor do comprimento linear da tubulação, do início do ramal até o sub ramal deste trecho, através do projeto hidráulico preliminar feito previamente para a edificação. Tendo em mãos este valor em metros (m), soma-se o comprimento equivalente total com o comprimento real da tubulação e multiplica-se pelo **J** encontrado na equação 3, para se descobrir a perda de carga que ocorre durante a circulação do fluido. Dessa forma, tem-se as equações 5 e 6:

$$C_t = \sum C_{eq} + C_r \quad (5)$$

Onde:

- C_t** é o comprimento total de tubulação do trecho analisado (m);
- ∑C_{eq}** é o somatório dos comprimentos equivalentes de todas as peças deste trecho (m);
- C_r** é o comprimento real das tubulações deste trecho (m);

$$P_c = 0,1J \cdot C_t \quad (6)$$

Onde:

- P_c** é a perda de carga total na tubulação do trecho analisado (m.c.a.);
- J** é a perda de carga por metro de tubulação (kPa/m);
- C_t** é o comprimento linear total da tubulação do trecho analisado (m);

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998), um quilopascal é equivalente a aproximadamente 0,1 metros de coluna d'água; dessa forma o resultado da equação 6 pode ser convertido para m.c.a. multiplicando-se o valor obtido P_c por 0,1.

A NBR 5626 (ABNT,1998) recomenda também a velocidade máxima do líquido dentro da tubulação, que é 3,0 m/s. Para se realizar tal verificação, faz-se o uso da equação 7, sendo necessário a vazão encontrada na equação 2 em litros por segundo (l/s) e o diâmetro, obtido pelo nomograma, em milímetros (mm). Caso esta velocidade seja maior que 3,0 m/s, procura-se diminuí-la através do aumento do diâmetro da tubulação.

$$v = \frac{4000Q}{\pi D^2} \quad (7)$$

Onde:

v é a velocidade do líquido dentro da tubulação no trecho analisado (m/s);

Q é a vazão do trecho analisado (l/s);

D é o diâmetro do tubo no trecho analisado (mm);

Após determinado o valor v e este sendo menor que 3m/s, dimensiona-se a coluna de água que alimentará esses ramais. O procedimento é análogo ao dos ramais e sub-ramais:

- Começa-se com a obtenção dos totais dos pesos equivalentes de cada ramal (processo precedente à equação 2).;
- Aplica-se a equação 2 utilizando o somatório dos pesos acumulados da coluna d'água analisada e obtém-se a vazão Q necessária para esta coluna;
- Faz-se a aplicação do Nomograma para obtenção dos diâmetros de cada parte da coluna de acordo com os pesos acumulados;
- Determina-se a velocidade do fluido na coluna analisada através da equação 7, comparando à velocidade máxima de 3,0 m/s;
- Indica-se o comprimento real dos tubos, obtido através do projeto hidráulico preliminar, e o somatório dos comprimentos virtuais equivalentes das peças;
- Aplica-se, a equação 5 e obtém-se o comprimento total C_T ;
- Determina-se a perda de carga por metro de tubulação J_C . Este valor é obtido através da equação 8:
- Multiplica-se o valor J_C da equação 8 pelo valor C_T da equação 5, obtendo-se a equação 9;

$$J_C = \left(\frac{Q \cdot 10^{-3}}{55,934D^{2,714}} \right)^{\frac{1}{0,571}} \quad (8)$$

Onde:

J_C é a perda de carga por metro de tubulação na coluna (m.c.a./m);

Q é a vazão do trecho analisado (l/s);

D é o diâmetro do tubo no trecho analisado (m);

$$P_{cc} = J_C \cdot C_t \quad (9)$$

Onde:

P_{cc} é a perda de carga na coluna do trecho analisado (m.c.a.);

J_C é a perda de carga por metro de tubulação na coluna (m.c.a./m);

C_t é o comprimento total da tubulação da coluna analisada (m);

Ao término dessas aplicações, soma-se o valor da perda na coluna P_{cc} (equação 9) que abastece os ramais analisados, com o somatório da perda nos ramais analisados P_c (equação 6), conforme equação 10:

$$P_{cl} = P_{cc} + \sum P_c \quad (10)$$

Onde:

P_{cl} é a perda de carga localizada do trecho analisado (m.c.a.);

P_{cc} é a perda de carga na coluna do trecho analisado (m.c.a.);

$\sum P_c$ é o somatório das percas de carga dos ramais no trecho analisado (m.c.a.);

Repete-se esse procedimento com todos os trechos da coluna da rede para se obter todas as percas de carga.

Para finalização das verificações, mede-se a pressão estática disponível (que consiste na distância vertical linear entre o nível da água do reservatório superior e o ponto de consumo mais alto, em relação ao piso do andar, do ramal analisado) e faz-se a diferença entre ela e a perda localizada em cada trecho P_{cl} , conforme equação 11. Essa distância vertical pode ser obtida no projeto preliminar.

$$P_{dd} = D_v - P_{cl} \quad (11)$$

Onde:

P_{dd} é a pressão dinâmica disponível (m.c.a.);

D_v é a distância vertical entre o nível da água e do ponto mais alto do ramal (m);

P_{cl} é a perda de carga localizada do trecho analisado (m.c.a.);

Repete-se a equação 11 em todos os ramais derivados da coluna. A pressão dinâmica disponível deve atender ao intervalo de pressões mínima e máxima adotadas pela NBR 5626 (ABNT,1998), que são:

- a) Pressão disponível mínima: 10 kPa ou 1 mca;
- b) Pressão disponível máxima: 400 kPa ou 40 mca;

O dimensionamento em tubulações de PEX tem como base a NBR 15939/2011; e é bem semelhante ao em PVC. Em resumo, obtém-se os comprimentos equivalentes das peças e os comprimentos reais das tubulações; logos após somam-se esses valores e multiplica-se por um fator de perda de carga por metro de tubulação. O que torna o PEX mais viável são principalmente dois fatores: os valores das percas consideravelmente menores na tubulação devido a rugosidade deste material ser menor; e a quantidade de peças reduzida, já que o tubo é flexível e consegue, na maior parte das situações, realizar curvas sem ajuda de peças.

Há entretanto uma peculiaridade a ser verificada no PEX que não se tem no PVC. Para que se possa utilizar o próprio tubo em uma curvatura sem o uso de peças, é necessário que a relação raio de curvatura R dividido pelo diâmetro do tubo D seja maior ou igual a 8, ou seja:

$$\frac{R}{D} \geq 8 \quad (12)$$

Onde:

R é o raio de curvatura (mm);

D é o diâmetro do tubo (mm);

Caso essa relação não seja atendida, a vida útil da tubulação tende a não atingir o mínimo de 50 anos; essa relação, porém, é facilmente atendida quando se trata de pex, já que o material se adapta bem a qualquer situação com este raio de curvatura.

Após ser feita essa verificação, inicia-se a o dimensionamento a partir do levantamento do quantitativo de peças por trecho analisado. Procede-se então com o somatório dos pesos de cada ponto de consumo deste trecho.

4.1.1 Dimensionamento em PVC

Neste item, há de se aplicar as teorias e equações explicadas anteriormente, principalmente no item 4.1 . A NBR 5626 (ABNT,1998) indica um modelo de tabela a ser usado para os cálculos e dimensionamentos da coluna, já que as equações são repetitivas. Dessa forma, há de se dimensionar manualmente os ramais e sub ramais de um apartamento e o trecho da coluna que o alimenta, nos demais trechos da coluna a tabela será utilizada. Vale citar ainda que dentro das unidades habitacionais, os dimensionamentos serão idênticos, já que são unidades tipo. Há de ser feito, então, o dimensionamento para uma unidade e as outras repetirão os valores; assim como para as colunas d'água, há de se dimensionar uma coluna e as outras 3 serão iguais.

Analisando-se o apartamento tipo (figura 7) do projeto preliminar, obtém-se o somatório de pesos relativos do primeiro ramal que alimenta o banho suíte. Este é composto por sub ramais que alimentam uma bacia sanitária com caixa acoplada, um lavatório e um chuveiro elétrico. Os pesos desses aparelhos são respectivamente **0,3**, **0,3**, e **0,1** sendo o somatório igual a **0,7**. De posse dessa informação, se utiliza a equação 2:

$$Q = 0,251 \text{ l/s}$$

Aplica-se então o nomograma para se obter o diâmetro deste ramal. Com o Nomograma, obtém-se o diâmetro (linhas à esquerda das vazões) igual a **20 mm** para esse ramal. Cabe, então, o cálculo da perda de carga por metro de tubulação, indicado pela equação 4:

$$J = 2,53 \cdot 10^{-2} \text{ kPa/m}$$

Descobre-se agora a quantidade de peças neste ramal pelo projeto preliminar e os valores da perda por peça, e aplica-se a equação 2 para se obter a perda de carga nas peças:

a) Comprimento equivalente total do ramal:

$$C_{eq} = 17,60 \text{ m}$$

Obtém-se, então, com o projeto preliminar, o comprimento de tubulação real deste ramal e toma-se nota dos comprimentos equivalentes, para se aplicar a equação 5. O comprimento da tubulação real é igual a 6,70 metros, e o equivalente das peças 17,6 metros:

$$C_T = 24,30 \text{ m}$$

Com este comprimento total, aplica-se a equação 6 para se encontrar a perda de carga neste ramal:

$$P_c = 6,16 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

Realiza-se a verificação da velocidade máxima da água neste trecho, através da equação 7 e compara-se ao limite máximo de 3,0 m/s:

$$v = 0,80 \text{ m/s}$$

Como o valor é inferior a 3 m/s, prossegue-se com o dimensionamento. Repete-se então todo o procedimento para o próximo ramal, que alimenta o banho social. O ramal alimenta pontos idênticos ao anterior, logo a soma dos pesos relativos é a mesma: **0,7**.

$$Q = 0,251 \text{ l/s}$$

O diâmetro será novamente **20 mm**, já que os valores de entrada do ábaco são iguais; e igualmente para a perda de carga por metro de tubulação, que também será **0,0253 kPa/m**. As quantidades de peças mudarão, logo mudará também o valor do comprimento equivalente total, que será:

$$C_{eq} = 20,00 \text{ m}$$

O comprimento real de tubulação é de 8,94 m. O total de comprimento de tubulação e a perda de carga deste ramal estão a seguir:

$$C_T = 28,94 \text{ m}$$

$$P_c = 7,33 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

A velocidade do fluido também será a mesma, já que a vazão e o diâmetros são os mesmos, logo a velocidade é de **0,80 m/s** e é inferior ao limite, 3,0 m/s.

Há de se calcular ainda o último ramal deste apartamento, que alimenta a cozinha. Este é composto por uma pia, uma máquina de lavar roupas e um tanque, cujos pesos relativos são respectivamente **0,7**, **1,0** e **0,7**. Calcula-se a vazão e aplica-se o nomograma:

$$Q = 0,465 \text{ l/s}$$

O diâmetro calculado pelo Nomograma é igual a **25 mm**. Calcula-se a perda de carga por metro de tubulação:

$$J = 2,58 \cdot 10^{-2} \text{ kPa/m}$$

Obtém-se logo após, pelo projeto, a quantidade e o tipo das peças, calcula-se suas respectivas percas e a perda total nas mesmas:

a) Comprimento equivalente total do ramal:

$$C_{eq} = 13,30 \text{ m}$$

Obtém-se agora o comprimento total de tubulação e o valor da perda de carga total neste ramal, que serão respectivamente:

$$C_T = 22,54 \text{ m}$$

$$P_c = 5,82 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

Para finalização destes ramais, verifica-se a velocidade de escoamento da água na tubulação e compara-se ao limite máximo de 3,0 m/s:

$$v = 0,95 \text{ m/s}$$

Finalizado o dimensionamentos dos ramais, o próximo passo consiste no dimensionamento do trecho da coluna que alimenta estes ramais.

No somatório dos pesos equivalentes, soma-se o peso total dos ramais ligados neste trecho. O somatório total dos pesos equivalentes neste caso será:

$$\sum P = 3,8$$

Calcula-se então a vazão **Q** que atende este trecho:

$$Q = 0,585 \text{ l/s}$$

Aplica-se o nomograma para obtenção do diâmetro necessário para atender este trecho da coluna d'água. Obtém-se o diâmetro necessário de **25 mm**. Verifica-se então a velocidade do fluido neste tubo e compara-se com o limite máximo de 3 m/s:

$$v = 1,19 \text{ m/s}$$

Calcula-se então o valor dos comprimentos equivalentes das peças. Para a coluna, o comprimento equivalente deve levar em consideração o caminho percorrido pela água do início do trecho analisado da coluna até o sub ramal mais distante ligado a este trecho. Dessa forma, será:

$$C_{eq} = 14,20 \text{ m}$$

Através do projeto mede-se o comprimento real da tubulação deste mesmo trecho especificado anteriormente e soma-se com o comprimento equivalente das peças desse trecho para se obter o comprimento total:

$$C_T = 24,14 \text{ m}$$

Calcula-se a perda de carga por metro de tubulação através da equação 8:

$$J_c = 7,80 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

Aplica-se a equação 9 para se obter a perda de carga neste trecho da coluna:

$$P_{cc} = 1,88 \text{ m. c. a.}$$

Para conclusão e obtenção do valor da pressão disponível, mede-se a pressão disponível estática através do projeto. Esta é igual a **13,71 m.c.a.**, que é a distância vertical

entre o ponto de consumo mais alto do andar e o nível da caixa d'água. Logo, a pressão disponível dinâmica encontrada através da equação 10 será:

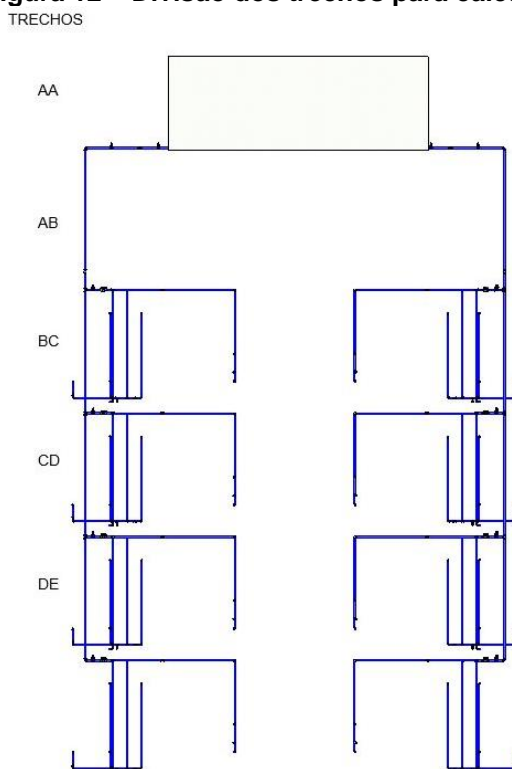
$$P_{dd} = 11,83 \text{ m. c. a.}$$

Como este valor está no intervalo de 1 m.c.a. a 40 m.c.a. disposto pela norma, a instalação prevista para esse patamar conseguirá atender a todos os pontos de utilização (sub ramais) ligados a este ramal.

Na figura 12, está a divisão dos trechos para o cálculo e dimensionamento da coluna, que são a parte entre duas ramificações desta; já no anexo A, constam os cálculos de todos os trechos do abastecimento predial em PVC, com seus valores finais de pressões dinâmicas disponíveis.

De acordo com os cálculos, o último trecho da coluna foi adotado o diâmetro de 32 mm.

Figura 12 – Divisão dos trechos para cálculo



Fonte: OS AUTORES.

4.1.2 Dimensionamento em PEX

O dimensionamento da rede predial em PEX é bem semelhante ao em PVC, conforme já explicado. O projeto preliminar é o mesmo, já que esse tem como função apenas demarcar locais de passagem das tubulações e seus comprimentos; logo, as divisões dos trechos também serão iguais.

O dimensionamento começará pelo ramal que alimenta o banho suíte. Para os sub ramais, serão utilizados os diâmetros mínimos do fabricante. Faz-se, então, o dimensionamento da vazão necessária para o ramal através da equação 12:

$$Q_{pex} = 0,251 \text{ l/s}$$

Aplica-se logo após, o Nomograma para obtenção do diâmetro a ser utilizado no ramal dimensionado, será de **20 mm**; e obtém-se através do projeto a quantidade de peças para cálculo do comprimento equivalente. Os valores unitários de cada peça estão representados pela tabela 7. Os comprimentos equivalentes serão:

$$C_{eqp} = 1,44 \text{ m}$$

De posse do comprimento equivalente total, obtém-se a medida do comprimento real de tubulação deste ramal através do projeto. Este comprimento é igual a **6,46 m**. Calcula-se então o valor da perda por metro de tubulação J_{pex} , através da equação 14:

$$J_{pex} = 2,53 \cdot 10^{-2} \text{ kPa/m}$$

Após esta aplicação, procede-se então às equações 15 e 16, para se obter o comprimento total e a perda de carga na tubulação deste ramal respectivamente.

$$C_{tp} = 7,90 \text{ m}$$

$$P_{cp} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

Verifica-se então se a velocidade do fluido na tubulação, dada pela equação 17, não ultrapassa o limite máximo de 3 m/s:

$$v_{pex} = 0,80 \text{ m/s}$$

Repete-se o procedimento para os ramais do banho social e da cozinha para se obter a percas em todos os ramais. Para o banho social, os resultados serão:

$$Q_{pex} = 0,251 \text{ l/s}$$

Como o somatórios dos pesos e a vazão são iguais ao banho anterior, o diâmetro será o mesmo, **20mm**. Prossegue-se com os comprimentos equivalentes, comprimento real e as percas de carga:

$$C_{eqp} = 1,78 \text{ m}$$

$$J_{pex} = 2,53 \cdot 10^{-2} \text{ kPa/m}$$

Neste ramal, são **8,21 m** de comprimento real de tubulação.

$$C_{tp} = 9,99 \text{ m}$$

$$P_{cp} = 2,53 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

A velocidade será a mesma, já que a vazão e o diâmetro do ramal não se alteraram. Para conclusão dos ramais, dimensiona-se agora o ramal da cozinha. A vazão é dada por:

$$Q_{pex} = 0,465 \text{ l/s}$$

Aplicando-se o Nomograma, se terá a mesma situação da figura 23, ou seja, **25 mm** de diâmetro para este ramal. Calcula-se os comprimentos equivalentes, comprimento real e as percas de carga:

$$C_{\text{eqp}} = 1,18 \text{ m}$$

$$J_{\text{pex}} = 2,58 \cdot 10^{-2} \text{ kPa/m}$$

Neste ramal, existem **9,44 m** de tubulação real, logo:

$$C_{\text{tp}} = 10,62 \text{ m}$$

$$P_{\text{cp}} = 2,74 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

Por último, calcula-se a velocidade e faz-se a comparação com o limite já citado anteriormente:

$$v_{\text{pex}} = 0,95 \text{ m/s}$$

Terminados os ramais, dimensiona-se o trecho da coluna que irá alimentá-los. O padrão de contas é o mesmo seguido para os ramais. Inicia-se pelo cálculo da vazão. Utiliza-se o somatório dos pesos equivalentes dos ramais ligados neste trecho:

$$Q_{\text{pex}} = 0,585 \text{ l/s}$$

Encontra-se o diâmetro de **25 mm** para este ramal. Calcula-se, então a velocidade do fluido no tubo através da equação 17:

$$v_{\text{pex}} = 0,95 \text{ m/s}$$

Da mesma forma do PVC, os comprimentos real e equivalente da coluna devem considerar do início do trecho analisado desta até o sub ramal mais distante deste trecho. Dessa forma, os comprimentos serão:

$$C_{\text{eq}} = 0,58 \text{ m}$$

Através do projeto mede-se o comprimento real da tubulação deste mesmo trecho especificado anteriormente, que é igual a **9,57 m** e soma-se com o comprimento equivalente das peças desse trecho para se obter o comprimento total:

$$C_{\text{tp}} = 10,15 \text{ m}$$

$$J_{\text{cp}} = 7,80 \cdot 10^{-2} \text{ m. c. a.}$$

Com o valor da perca por metro de tubulação em mãos, basta aplicar a equação 19 e encontrar a perca ao longo de toda a tubulação do trecho analisado da coluna:

$$P_{\text{ccp}} = 7,91 \cdot 10^{-1} \text{ m. c. a.}$$

Mede-se então a pressão dinâmica disponível para os pontos de consumo através da equação aplicação da 10:

$$P_{dd} = 12,92 \text{ m. c. a.}$$

Devido a perda de carga nos tubos e conexões de PEX, serem menores para utilização nas colunas, através de cálculos, utilizando as fórmulas acima citadas, foi dimensionado e será utilizado para diâmetro das colunas tubulação de 32mm.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em pauta que neste tópico será discutido e comparado os materiais PEX e PVC, tomando como parte algumas informações e análises necessárias, como dimensionamento dos sistemas, orçamentos, manutenções e execução. Com intuito de apresentar as análises discutidas, pretende-se iniciar pelo dimensionamento, buscando demonstrar o quanto importante se faz um sistema bem projetado, visando melhores execuções e qualidade.

Tomando para efeitos comparativos entre o PEX e PVC podemos mencionar a perda de carga distribuída nos dois sistemas, adotando como macro os trechos que alimentam os aparelhos dos apartamentos considerados ramais, e as colunas que saem do barrilete e alimentam os ramais. Conforme item 3.1.3 a Perda de Carga Total nos Ramais da tubulação de PVC é $5,82 \cdot 10^{-2}$ m.c.a. e a mesma para coluna deste equivale à 1,88 m.c.a. , o item 3.1.4 determina a Perda de Carga na tubulação de PEX sendo $2,74 \cdot 10^{-2}$ m.c.a. e para a coluna $7,91 \cdot 10^{-1}$ m.c.a.. Com posse desses resultados podemos comparar e analisar a diferença entre a perda no diferentes materiais mencionados, fator muito importante se diz quanto a pressão de entrada em cada aparelho alimentado pelo sistema, onde com uma menor perda de carga melhores pressões serão alcançadas, de modo que seu sistema esteja em pleno funcionamento.

Partindo destes pontos mencionados, vale ressaltar fatores como prazo de execução dos projetos, existem no mercado dos tipos de tubulações de PVC, sendo soldável e roscável, em métodos construtivos convencionais utiliza-se em maior escalas os tubos soldáveis, por ser um processo eficaz e rápido, esse tipo de tubulação não necessita de mão-de-obra especializada e também não existe a necessidade de equipamentos para instalação. Em relação ao PEX é necessária mão-de-obra especializada e qualificada, equipamentos para as instalações, porém levando em pauta o tempo para execução do sistema o prazo pode alcançar valores de até 50% menores que o método convencional. Este tipo de instalação necessita então de mão-de-obra especializada e qualificada para desempenho da atividade, com intuito de diminuir os prazos, aumentando a produtividade e qualidade prestada.

Após estudo e análise orçamentos foram realizados para efeito comparativo de custos dos materiais. Como o PEX ainda é pouco difundido no Brasil, nem todos os comércios que fornecem materiais hidráulicos possuem o mesmo, fator este que alavanca um pouco os valores. O valor das peças e tubulações de PVC foram aproximadamente 54% menores que as tubulações de PEX, contudo se tratando do pós obra, o PEX se apresenta como melhor alternativa para estes sistemas de água fria e quente. Analisando um empreendimento que foi utilizado PEX e PVC nos sistemas hidráulicos, na cidade de Anápolis, os gastos com pós obra e manutenção técnica de instalações hidráulicas de água fria foram de 0,0% do gasto total com manutenções no primeiro ano após a entrega do empreendimento; já para o PVC, nos mesmos critérios, esse custo foi de 49% para edificações semelhantes o que resulta em aproximadamente R\$ 10.000,00 reais por mês, ou seja, R\$ 120.000,00 reais por ano apenas com manutenções técnicas dessas instalações pós entrega; e média de 52% de custo para uma série das últimas 12 edificações entregues pela construtora. Boa parte dessa porcentagem de custo se deve à grande dificuldade para uma manutenção em uma instalação hidráulica, já que na maior

parte das vezes é necessário quebrar revestimentos, paredes, pisos ou danificar pinturas, o que onera muito todo o ciclo da manutenção.

Adotando das análises apresentadas e de todos os cálculos resolvidos, percebe-se que quando relacionamos as análises com melhores desempenhos do sistema, tempo de execução e manutenções pós obra, deve ser avaliado qual destes materiais apresenta melhor custo-benefício, partindo do ponto onde para se obter esse fator não depende apenas de custos, mas sim de todos fatores que o sistema deve obedecer e atender. O PEX então se apresenta como melhor solução relacionada a instalações hidráulicas prediais de água quente e fria, notando-se ser um material que pode reduzir seu prazo de execução até 50% em relação ao PVC, possui melhores pressões nos aparelhos da edificação, menores perdas de carga e ótimo desempenho do sistema.

REFERÊNCIAS

AMANCO, 2019. **Catálogo predial Amanco**. Disponível em:<www.amanco.com.br/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação predial de Água Fria: NBR 5626**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas prediais de água fria – Tubos e conexões de PVC 6,3, PN 750 kPa com junta soldável – Requisitos: NBR 5648**. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Dimensões de tubos de PVC rígido: NBR 5580**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polipropileno copolímero Random (PPR): NBR 15813**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de instalações prediais de água quente. NBR 7198**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria em policloreto de vinila clorado (CPVC). NBR 15884**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio: NBR 15939-1**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 2: Procedimentos para projeto: NBR 15939-2**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 3: Procedimentos para instalação: NBR 1539-3**. Rio de Janeiro, 2011.

ASTRA, 2019. **Produtos PEX**. Disponível em:<www.astra-sa.com.br/>

BRANDÃO, R.G. **Estudo de viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares**. 2010. 104p. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6ª ed. Rio de Janeiro - RJ: LTC, 2006. 391 p.

GUGEL, Eloir Carlos. **Instalações prediais de água quente**. 2005. 22 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

HIDRO JÁ, 2019. **Catálogo predial Hidro já**. Disponível em:<www.hidroja.com/>

JORGE, Felipe Mignone Quinteiros. **Práticas construtivas capazes de reduzir o tempo de execução de obra**. 2013. 112 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

LIMA, D.S. **Avaliação do ciclo de vida dos tubos de PVC produzidos no Brasil**. 2010. 63p. Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP). Rio Claro, 2010.

MOREIRA, G.L.A. **Inovação tecnológica e aplicação de novos sistemas construtivos nas instalações hidráulicas e sanitárias**. 2010. 50p. Trabalho de Final de Curso - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

OLIVE, Luan Felipe Rodrigues; PEREIRA, Lucas Fernando Freire. **Estudo comparativo entre projeto hidráulico em PVC e PEX**. 2018. 69 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) - UNIEVANGÉLICA, Anápolis, 2018.

POSSAMAI, J.Z. ; BACK, N. **Estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais**. 2012. 15p. Artigo Científico - UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2012.

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.

SOUZA, Caroline Corrêa de. **Aspectos econômicos e hidráulicos da utilização do PEX como alternativa em projetos de instalações hidráulicas prediais**. Orientador: Professor Doutor Ramon Lucas Dalsasso. 2011. 73 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis - SC, 2011.

TIGRE, 2019. **Catálogo técnico predial Tigre**. Disponível em:<www.tigre.com.br/>