SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DE DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS NOS SISTEAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PEX E PVC

Technical and economic aspects of different types of materials in plumbing systems: comparative analysis between PEX and PVC

Mariana Silva Anselmo[1]; Tania Mara Sebben Oneda[2]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 24 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

PEX

PVC

Sistemas hidrossanitários

Keywords:

PEX

PVC

Plumbing Systems

RESUMO: Esta pesquisa destaca a busca por novos materiais na indústria da construção civil, visando melhoria dos processos e otimização dos custos. O estudo analisou a substituição do Policloreto de Vinila (PVC) pelo Polietileno Reticulado (PEX) nos ramais e sub-ramais do sistema hidráulico de água fria de uma edificação residencial. Foram comparados os processos construtivos, projeto, desempenho hidráulico, custos e tempo de instalação entre os dois materiais. Ambos se mostraram eficientes e em conformidade com as normas técnicas. Os resultados mostraram que o PVC apresentou maior pressão da água nas peças de utilização. Em relação ao custo total da edificação, o PEX demonstrou ser 19,79% mais econômico, devido ao menor custo da mão de obra. Embora o PVC tenha um custo menor de material, eles exigem um período de execução mais longo, resultando em um aumento significativo de mão de obra. Portanto, conclui-se que a substituição do PVC pelo PEX é uma opção viável, proporcionando economia e maior produtividade.

ABSTRACT: This research highlights the search for new materials in the construction industry, aiming at improving processes and optimizing costs. The study analyzed the replacement of Polyvinyl Chloride (PVC) by Cross-linked Polyethylene (PEX) in the branches and sub-extensions of the cold-water hydraulic system of a residential building. The construction processes, design, hydraulic performance, costs and installation time between the two materials were compared. Both proved to be efficient and in compliance with technical standards. The results showed that the PVC presented higher water pressure in the pieces of use. In relation to the total cost of the building, the PEX proved to be 19.79% more economical, due to the lower cost of labor. Although PVC has a lower material cost, they require a longer lead time, resulting in a significant increase in labor. Therefore, it is concluded that the replacement of PVC by PEX is a viable option, providing savings and greater productivity.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ANSELMO, Mariana Silva**: Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Joinville – SC, marianasanselmo@gmail.com.

[2] **ONEDA, TÂNIA Mara Sebben**: Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, tania.oneda@udesc.br.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o PVC (policloreto de vinila) tem sido amplamente utilizado nas instalações prediais de água fria, devido aos benefícios que oferece. No entanto, o PEX (polietileno reticulado) tem ganhado popularidade, pois é uma opção flexível que elimina a necessidade de conexões intermediárias (BRANDÃO, 2010).

Martins *et al.* (2021) analisaram as características técnicas do PVC e do PEX. Os resultados mostraram que o PEX, apesar de ter maior valor em relação ao PVC, proporciona agilidade no transporte, melhor produtividade e redução de vazamentos.

Lacopo *et al.* (2023) estudaram a utilização do PEX no sistema hidráulico em paredes de concreto. Concluíram que, apesar de ser mais caro em relação ao PVC e CPVC, o PEX é recomendado para este tipo de obra, visto ter melhor isolamento térmico, não possuir conexões intermediárias, a execução ser rápida e poder ser utilizado para água quente e fria.

O objetivo desta pesquisa é analisar a substituição do PVC pelo PEX nos ramais e sub-ramais de uma edificação. Por meio da comparação de critérios como eficiência, projeto, instalação, tempo e custo, são investigadas as vantagens e desvantagens de cada material.

2 MÉTODO

O estudo foi realizado em um edifício residencial em Joinville- SC com oito pavimentos. Cada pavimento tipo possui seis apartamentos (Figura 1). Para o dimensionamento, foram considerados os apartamentos do Tipo 5 e 6 e para o custo total, os valores foram replicados aos apartamentos com a mesma configuração arquitetônica.

Os ramais em PVC e PEX foram dimensionados pelo Método de Hunter, descrito por Creder (2006). Em seguida, foram calculados o peso relativo das peças de utilização, a vazão, o diâmetro, a velocidade, a perda de carga unitária e as alturas geométricas para cada trecho de cada apartamento Tipo, conforme NBR 5626 (ABNT, 2020).

A presença de qualquer acessório reflete em um aumento da perda de carga localizada, que deve ser agregada à perda distribuída. Para sua determinação, utilizou-se o método dos comprimentos equivalentes (PORTO, 2006).

Para o cálculo da perda de carga total em PVC, considerou-se a extensão real do tubo e o comprimento equivalente das conexões intermediárias de cada trecho (anexo A).

Figura 1 – Planta baixa pavimento Tipo



Fonte: Autora (2023).

Para o PEX, considerou-se a perda de carga localizada devido às curvaturas da tubulação, através do dimensionamento do fator K, conforme a Equação 1 (GNIPPER 2009, *apud* SOUZA, 2011):

$$\mathrm{K} = [0{,}13 + 0{,}16 \times \left(\frac{r}{D}\right)^{-3{,}5}] \times \sqrt{\frac{\propto}{180°}} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
K, fator de atrito (adimensional);
D, diâmetro interno do tubo (milímetros);
r, raio interno do tubo somado ao raio de curvatura (milímetros);
$\propto$, ângulo de curvatura (graus).

Para acessórios existentes na tubulação em PEX, o fator K pode assumir valores constantes, conforme Tabela 1 (PORTO, 2006). Ainda deve-se considerar as perdas de carga localizadas resultantes das conexões extremas nos trechos, conforme Tabela 2.

Tabela 1 – Fator de atrito (K) para acessórios diversos

Acessório	K	Acessório	K
Cotovelo 90º raio curto	0,9	Válvula gaveta aberta	0,2
Cotovelo 90º raio longo	0,6	Válvula ângulo aberta	5
Cotovelo 45º	0,4	Válvula globo aberta	10
Curva 90º	0,4	Válvula de pé com crivo	10
Curva 45º	0,2	Válvula de retenção	3
Tê passagem direta	0,9	Curva de retorno	2,2
Tê saída lateral	2	Válvula de boia	6

Fonte: Porto (2006).

Na sequência, foi possível calcular o comprimento equivalente total, a pressão à montante, a perda de carga total do trecho e a pressão à jusante para ambos os materiais.

Tabela 2 – Comprimento equivalente para conexões PEX

Conexões	16 mm	20 mm	25 mm	32 mm
Joelho 90º	0,37	0,29	0,26	0,26
Redução	0,14	0,11	0,10	0,09
Derivação do Tê	0,44	0,35	0,31	0,26
Passagem do Tê	0,10	0,08	0,08	0,07
Tê com derivação	0,39	0,31	0,28	0,23

Fonte: Tigre (2022).

Para o orçamento da mão de obra, procedeu-se à composição do serviço unitário utilizando a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI – março 2023 – Santa Catarina). Para os materiais, foi realizado um orçamento no comércio local, em abril de 2023.

3 RESULTADOS

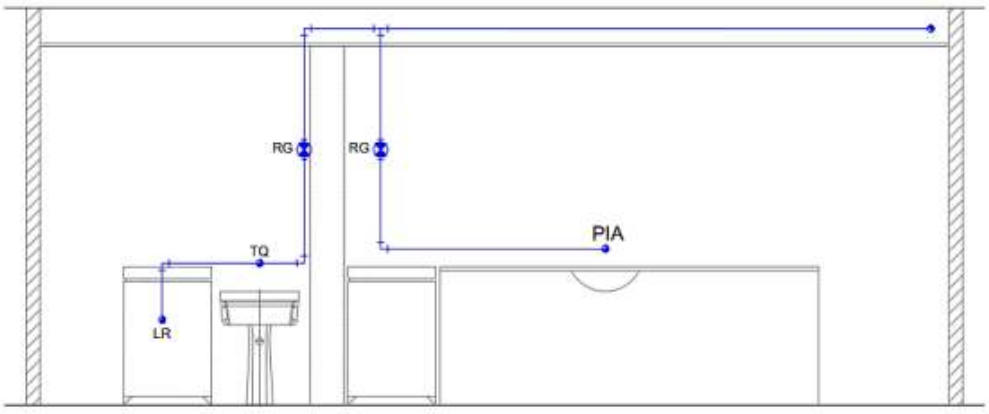
Os ramais e sub-ramais em PVC resultaram em diâmetros de 25mm a 50 mm. Para os sub-ramais em PEX, o diâmetro foi determinado pela quantidade de peças de utilização a serem atendidas. Os ramais e sub-ramais em PEX resultaram em um diâmetro de 16mm, uma vez que cada trecho atende a um único ponto de consumo.

3.1 Desempenho hidráulico

A comparação entre os sistemas está exposta nas Figuras 2 e 3. A principal diferença entre as tubulações é que o sistema PEX, além de ser flexível, adota a distribuição individualizada. Isso resulta em menos conexões e menor perda de carga localizada. No entanto, a perda de carga total em PEX torna-se maior porque os trechos demandam uma extensão superior, conforme Tabela 3.

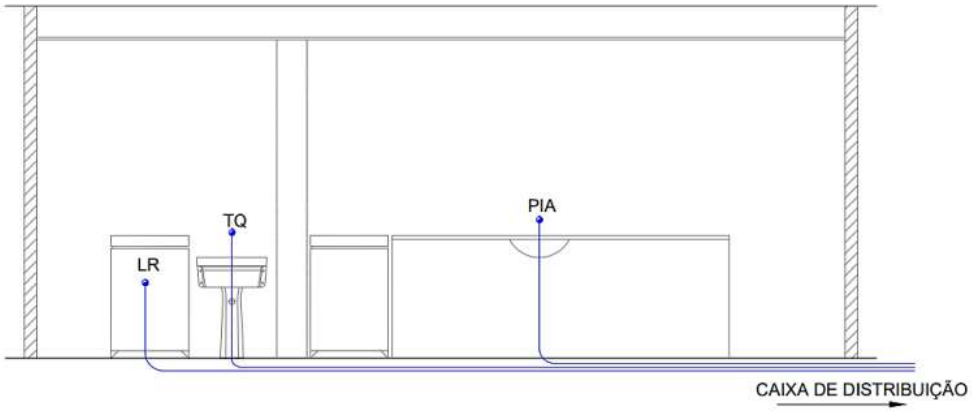
Os resultados das perdas de carga em PEX possuem valores semelhantes porque no cálculo foram consideradas as mesmas conexões extremas em todos os trechos.

Figura 2 – Representação da cozinha em PVC



Fonte: Autora (2023)

Figura 3 – Representação da cozinha em PEX



Fonte: Autora (2023)

Embora o PEX possibilite um traçado com menores perdas de carga localizada deve-se adotar um traçado otimizado para que sejam utilizados menores comprimentos de tubulação e diminuir a perda de carga distribuída ao longo dos trechos (CABRAL *et al*., 2017).

Ao analisar as perdas de carga, verifica-se o impacto na pressão à jusante nos trechos. A direção do fluxo de água também influencia a pressão: fluxo ascendente reduz a pressão, enquanto fluxo descendente aumenta. No projeto, a tubulação de PVC percorre o teto, resultando em sub-ramais com fluxo descendente, exceto para os chuveiros elétricos.

Tabela 3 – Perda de carga total nos trechos

Tipo	Peça de Utilização	PVC		PEX	
		$L_{equiv.}$ conex. (m)	Perda de carga total (m)	$L_{equiv.}$ conex. + Curvatura (m)	Perda de carga total (m)
5	Pia cozinha	5	1,5	0,37	14,1
5	Tanque	6,6	3,4	0,37	11,8
5	Lavadora Roupa	3	1,0	0,37	16,9
5	Lavatório suíte	6,6	1,6	0,37	7,5
5	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	4,6	0,7	0,37	7,7
5	Chuveiro elétrico suíte	11,2	0,4	0,38	3,6
5	Lavatório	6,6	1,6	0,37	5,5
5	Bacia sanitária caixa acoplada	4,6	0,7	0,37	8,0
5	Chuveiro elétrico	11,2	0,4	0,38	3,8
5	Pia sacada	3,2	1,0	0,37	13,4
6	Lavatório	6,6	1,6	0,37	33,6
6	Bacia sanitária caixa acoplada	4,6	0,5	0,37	37,8
6	Chuveiro elétrico	19,5	0,8	0,38	23,1
6	Lavatório suíte	5,1	1,4	0,37	32,4
6	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	4,6	0,6	0,37	36,9
6	Chuveiro elétrico suíte	18,0	0,7	0,38	22,8
6	Pia cozinha	8,1	2,1	0,37	29,0
6	Tanque	8,1	4,0	0,37	26,8
6	Lavadora Roupa	3,0	1,0	0,37	26,3

Fonte: Autora (2023).

A tubulação de PEX percorre o piso, permitindo que todos os sub-ramais atendam as peças de utilização em fluxo ascendente. A pressão à jusante na rede de PVC é maior na maioria das peças de utilização devido à menor perda de carga total e ao fluxo descendente predominante nos sub-ramais. A Tabela 4 mostra a comparação.

Tabela 4 – Pressão à jusante nas peças de utilização

Tipo	Peça de utilização	PVC	PEX
		Pressão (kPa)	Pressão (kPa)
5	Pia cozinha	32,1	21,3
5	Tanque	30,9	24,6
5	Lavadora Roupa	33,9	23,5
5	Lavatório suíte	33,4	30,4
5	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	39,2	34,8
5	Chuveiro elétrico suíte	26,3	21,9
5	Lavatório	33,4	32,4
5	Bacia sanitária caixa acoplada	39,3	34,4
5	Chuveiro elétrico	26,3	21,6
5	Pia sacada	32,5	22,0
6	Lavatório	36,3	33,6
6	Bacia sanitária caixa acoplada	40,3	37,8
6	Chuveiro elétrico	20,0	23,1
6	Lavatório suíte	36,1	32,4
6	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	39,9	36,9
6	Chuveiro elétrico suíte	26,8	22,8
6	Pia cozinha	32,6	29,0
6	Tanque	31,4	26,8
6	Lavadora Roupa	34,4	26,3

Fonte: Autora (2023).

3.2 Comparação econômica

A Tabela 5 mostra o orçamento dos materiais para a edificação. O uso do PEX resultou em um aumento de cerca de 9,19% no custo total dos tubos e conexões em comparação com o PVC.

Tabela 5 – Custo total dos materiais

Apartamento		PVC (R$)		PEX (R$)	
		Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)	Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)
Tipo	**1-2-4-5**	5.224,68	23.123,40	5.645,28	28.226,40
Tipo	**3-6**	2.068,00	10.342,00	2.318,38	11.591,90
Total (R$)			36.464,40		39.818,30

Fonte: Autora (2023).

Para a mão-de-obra, foi realizada a composição considerando encanador e auxiliar de encanador. Ao analisar a duração total do serviço, observou-se que o tempo de instalação em PEX é 54% menor, impactando diretamente no custo de mão de obra, que se apresenta 49,60% mais barato do que em PVC (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 – Duração total para a instalação dos ramais e sub-ramais

Apto. Tipo	Cenário	Total/Pav. (horas)	Total Pav. (x5) (horas)
1-2-4-5	PVC	92,55	462,77
3-6	PVC	37,15	185,76
1-2-4-5	PEX	50,35	251,76
3-6	PEX	19,29	96,45

Fonte: Autora (2023).

Tabela 7 – Custo total da mão de obra

Apartamento		PVC (R$)		PEX (R$)	
		Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)	Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)
Tipo	**1-2-4-5**	4.928,50	24.642,52	2.469,35	12.346,75
Tipo	**3-6**	1.978,37	9.891,85	956,95	4.784,75
Total (R$)			34.534,37		17.131,50

Fonte: Autora (2023).

Ao somar os custos de materiais e mão de obra, a instalação em PVC resulta em um custo total de R$70.999,77, enquanto a instalação em PEX em R$56.949,80. Portanto, a utilização de tubulação em PEX terá uma economia de 19,79% em relação à instalação em PVC, principalmente devido ao menor custo de mão de obra.

Assim como o resultado obtido por Lacopo *et al.* (2023), o material PEX possui valor mais alto, porém, por ter o tempo de instalação reduzido, é recomendado por não possuir conexões intermediárias e evitar vazamentos. Os resultados também corroboram com Cabral *et al.* (2017) que obtiveram custos superiores para os materiais em PEX.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve por objetivo analisar o desempenho do PEX e do PVC nos ramais e sub-ramais dos apartamentos Tipo 5 e Tipo 6 de uma edificação. Notou-se que o sistema em PVC tem maior perda de carga localizada devido ao número de conexões, enquanto o sistema PEX apresenta maior perda de carga total devido às extensões dos trechos. Com a perda de carga total menor e o fluxo de água em direção descendente nos sub-ramais, o PVC apresenta um melhor desempenho em relação à pressão nas peças de utilização.

Em relação ao tempo de instalação, a utilização de PEX resultou em maior produtividade da mão de obra, sendo a opção mais rápida, mas exige mão de obra especializada. Em relação aos materiais, a tubulação em PVC é mais econômica.

Conclui-se que a instalação dos ramais e sub-ramais em PEX resulta em uma economia de 19,79% em relação ao custo total, apesar dos materiais serem mais caros. No setor da construção civil atual, há uma demanda por processos industrializados, baixo custo e cumprimento de prazos com qualidade. A tubulação em PEX atende a essas exigências, cumprindo as normas vigentes e apresentando eficiência no desempenho hidráulico.

REFERÊNCIAS

ARO, Celso Ricardo. **A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas hidráulicos e sanitários.** 2004. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 2021.

BRANDÃO, Rosana Gouveia. **Estudo de viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares**. 2010. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CABRAL, Alex Pereira et al. **Utilização de materiais não convencionais em sistemas hidráulicos prediais**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., Bahia, 2017

CREDER, Hélder. **Instalações Hidráulicas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 423 p.

LACOPO, Amanda Faria *et al*. **Sistema hidráulico em obras de edificações de parede de concreto: a utilização do pex na construção civil.** Construção Civil: Engenharia e Inovação, Rio de Janeiro, v. 5, p. 64-79, 2023.

MARTINS, Thiago Gomes et al. **Os benefícios da utilização de novas tecnologias para sistemas hidráulicos**. Revista Boletim do Gerenciamento, Rio de Janeiro, p. 50- 59, ago. 2021

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica básica**. 4º Ed. São Calos: EESC-USP, 2006.

POSSAMAI, Juliana Zanellato; BACK, Nestor. **Estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais.** 2012. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2012f

SOUZA, Caroline Corrêa de. **Aspectos econômicos e hidráulicos da utilização do PEX como alternativa em projetos de instalações hidráulicas prediais.** 2011. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011

TIGRE. **Linha ClicPEX**: Catálogo Técnico e Produtos. 2022. Disponível em: http://www.tigre.com.br/catalogos-tecnicos. Acesso em: 04 dez. 2022.

ANEXO A – PERDA DE CARGA EM CONEXÕES: COMPRIMENTO EQUIVALENTE, EM METROS, PARA TUBULAÇÃO EM PVC RÍGIDO

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° passag. direta	Tê 90° saída de lado	Tê 90° saída bilat.	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de Canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válv. de retenção		Registro de globo aberto	Registro de gaveta aberto	Registro de ângulo aberto
													Tipo leve	Tipo pesado			
DN	(Ref.)																
(-)																	
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1,1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,5	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1,1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2.1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Creder (2006).