

UTILIZAÇÃO DE MATERIAS NÃO CONVENCIONAIS EM SISTEMAS HIDRÁULICOS PREDIAIS

Alex Pereira Cabral (1), Maick Sousa Almeida (2), Robério Hermano Coelho Alencar (3),
Vinycius Rufino dos Santos Silva (4)

(1) UEPB – Universidade Estadual da Paraíba, alexcabralleng@gmail.com

(2) UEPB – Universidade Estadual da Paraíba, maick.una@gmail.com

(3) UEPB – Universidade Estadual da Paraíba, roberioh.alencar@hotmail.com

(4) UEPB – Universidade Estadual da Paraíba, vinycius_10_silva@hotmail.com

RESUMO

O mercado da construção civil está sempre buscando por meios de otimização, métodos construtivos e novas tecnologias capazes de tornar a execução dos projetos mais rápida e eficiente, principalmente quanto à construção das alvenarias, instalações elétricas e hidráulicas. De tal forma, os fabricantes da área dos Sistemas Hidráulicos Prediais de Água estão pesquisando e avaliando novos materiais que possam trazer vantagens sob os pontos de vista hidráulico e econômico, buscando tornar esses sistemas sustentáveis. Um exemplo é a utilização do PEX (polietileno reticulado), um material leve e flexível, visto que este possui uma instalação mais rápida, o que reduz o tempo de execução da obra. Desta forma, neste trabalho abordou-se hidráulica e economicamente a utilização do PEX através da análise dos traçados das instalações, por meio de um sistema ramificado e por um sistema ponto a ponto, comparando-o ao PVC rígido, material mais convencional. Adotou-se um projeto de instalação hidráulica de uma edificação residencial hipotética que se divide em: térreo, cobertura, doze pavimentos tipo compostos por quatro apartamentos, em que cada pavimento possui dois tipos de apartamento. Após o dimensionamento, a simulação hidráulica demonstrou que a instalação efetuada com o PEX obteve maiores perdas de carga, resultando em uma pressão menor nos aparelhos se comparada a instalação utilizando o PVC. O comparativo econômico mostrou que a utilização do PEX é mais dispendiosa do que a instalação com o uso do PVC. Porém, a adoção do PEX pode trazer vantagens construtivas, em vista da praticidade de instalação que o material proporciona.

Palavras-chave: Sistemas Hidráulicos Prediais, PEX, perdas de carga.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água são responsáveis por conduzir a água desde os mananciais e reservatórios até o início das edificações, onde originam os sistemas hidráulicos prediais [1], que são constituídos por vários elementos, como tubos, registros, válvulas, curvas e conexões, que fazem a ligação desde o ramal principal de abastecimento público até os sub-ramais do edifício. Estes sistemas garantem o acesso de água potável nas edificações, para todos os equipamentos hidráulicos e principais pontos de consumo, fator este fundamental para manter as condições de habitabilidade e moradia.

O material mais utilizado para instalações hidráulicas de água fria é o PVC (policloreto de vinila). O PVC pode ser utilizado para diversos fins

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

[2], como em cabos elétricos, garrafas, tubos, conexões e demais usos, porém 65% da produção deste termoplástico é destinado ao setor da construção civil (AECweb,2011). Entretanto com o desenvolvimento tecnológico e de pesquisas, foram desenvolvidos novos materiais, a exemplo do PEX (polietileno reticulado) uma tubulação flexível que dispensa conexões intermediárias [3], utilizado tanto para instalações de água quente como para água fria (SOUZA, 2012).

O PEX já é utilizado há mais ou menos dez anos como material para construção civil, e sua utilização em instalações hidráulicas prediais pode trazer algumas vantagens. Entretanto, mesmo que o polietileno reticulado se mostre tão eficiente quanto ou ainda melhor que os outros tipos de tubulação, o PVC ainda apresenta uma maior utilização [4]. Surge então, o interesse de conhecer em quais aspectos essas novas tecnologias são consideradas vantajosas hidráulica e economicamente. Desta forma, neste trabalho, será analisada a viabilidade da utilização do PEX comparando-o com o PVC, através da adoção de traçados em sistema ramificado e em sistema utilizando o método ponto a ponto. Para tal análise, utilizou-se um projeto de instalação hidráulica de uma edificação residencial hipotética com doze pavimentos.

3. METODOLOGIA

3.1. Adoção da edificação hipotética

Para efetuar a comparação entre os dois materiais, foi escolhido um edifício residencial hipotético que se divide em: térreo, cobertura, doze pavimentos tipo compostos por quatro apartamentos, em que cada pavimento possui dois tipos de apartamento.

3.2. Dimensionamento do SHPA utilizando PVC (material convencional)

Para o dimensionamento com a utilização do material convencional, o PVC, foram utilizados os padrões normativos da ABNT de acordo com as normas NBR 7198/93 e a NBR 5626/98, para água quente e água fria, respectivamente [5,6]. De acordo com o projeto arquitetônico proposto, utilizando o método probabilístico dos pesos relativos, também chamado de método de Hunter [1] e com o auxílio das ferramentas computacionais Microsoft Excel e Autodesk AutoCAD, foi possível efetuar cálculos de determinação de vazão, diâmetro e comprimentos, perda de carga unitária e equivalente, assim como a perda de carga total para os trechos em estudo, considerando que o reservatório

superior de água localizado na cobertura da edificação, alimenta quatro colunas gerais de distribuição destinadas para os apartamentos e para o térreo.

O traçado da tubulação foi executado de maneira convencional, seguindo a geometria das alvenarias da edificação e dividindo os trechos em nós, tornando o mesmo um sistema por derivação, também denominado de sistema ramificado.

Para a análise da eficiência sob o ponto de vista hidráulico, o dimensionamento foi efetuado para o ponto mais desfavorável de pressão hidráulica, localizado no banheiro da suíte máster nos apartamentos do tipo 1. A perda de carga final no trecho em estudo é então determinada pelo produto entre a perda de carga unitária do trecho e o comprimento da tubulação deste trecho [7]. Por fim, somando-se as perdas em todos os trechos, é obtida a perda de carga final.

3.3. Dimensionamento do SHPA utilizando PEX (novo material)

Para dimensionamento utilizando um novo material, o PEX, foi tomada como base teórica as especificações do catálogo técnico da empresa fabricante Tigre [8], no qual é fornecido um gráfico que relaciona a perda de carga com o diâmetro e vazão nos tubos, e assim permite determinar a perda de carga total dos trechos por observação gráfica e posterior somatório de perdas. O lançamento das tubulações foi iniciado em PVC nas colunas principais, sendo prosseguido com PEX da entrada dos apartamentos até os pontos de consumos dos mesmos.

A análise da eficiência hidráulica e o traçado das tubulações obedecem aos mesmos parâmetros definidos para o sistema com PVC. Inicialmente o dimensionamento foi realizado de maneira convencional até as entradas dos apartamentos, sendo subdivididos posteriormente para análise em dois tipos de sistema de distribuição, o ramificado e o ponto a ponto. O sistema ramificado ou por derivação [4], consiste no sistema de instalação que utiliza ramais, sub-ramais, joelhos e conexões, assim como nas instalações com PVC. Já o sistema ponto a ponto, também chamado de sistema Manifold [4], é o sistema mais adotado para a utilização do PEX e utiliza o mesmo conceito de instalações elétricas, no qual a partir de uma caixa de distribuição partem tubulações individuais para cada ponto de consumo de água, o que torna o processo construtivo mais rápido, efetuando a instalação sem a necessidade de conexões intermediárias. A figura 1 abaixo ilustra um esquema que mostra o quadro de distribuição e as tubulações de um sistema de instalação ponto a ponto, ou seja, uma tubulação individual para cada ponto de consumo.

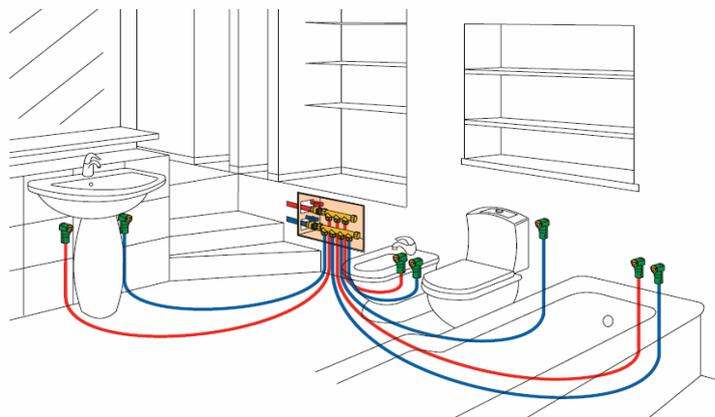


Figura 1: Exemplo de instalação com PEX utilizando o sistema ponto a ponto. Fonte: Catálogo Calfeff (2003).

4. RESULTADOS E DISCURSÕES

A partir do dimensionamento para os dois tipos de materiais foi possível fazer um comparativo e analisar a eficiência entre os mesmos, os resultados obtidos são mostrados a seguir:

4.1. Desempenho hidráulico

4.1.1. Resultados para o dimensionamento com o material PVC

Através do traçado, e adotando o sistema de distribuição ramificado que é o sistema utilizado para as instalações com PVC, é possível observar uma elevada perda de carga localizada, que acontece devido às singularidades e conexões [7] existentes neste tipo de sistema.

A Tabela 1 apresenta o dimensionamento feito trecho a trecho para o ponto mais desfavorável localizado no apartamento tipo 1, e desta forma determinou-se a perda de carga total nestes trechos em estudo, dada em metros de coluna de água [7].

Tabela 1: Parâmetros hidráulicos e o total da perda de carga para o sistema convencional com PVC. Fonte: Autores.

APARTAMENTO TIPO 1 - PVC								
TRECHO - SAIDA DE VAZÃO	Vazão [L/s]	Vazão [L/h]	Diâmetro [mm]	CR	CE	CT	J [m/m]	HE [mca]

SUB RAMAL CHUVEIRO	0,19	683,05	25	1,25	12,6	13,853	0,0108603	0,150448044
CH + BANHEIRA	0,49	1763,05	32	7,07	10,7	17,77	0,0176798	0,31417021
RAMAL PRINCIPAL CH + (BACIA+PIA)	0,82	2946,13	32	1,62	3,3	4,92	0,0434508	0,213778068
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 1	1,12	4026,13	32	4,78	0,9	5,68	0,0750825	0,426468691
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 2	1,42	5106,13	32	3,71	4,6	8,306	0,1138365	0,945525667
RAMAL PRINCIPAL + AREA SERVIÇO + COZINHA	2,11	7599,46	32	8,03	7,3	15,33	0,2284112	3,501542989
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 3	2,41	8679,46	32	4,97	4,6648	9,6348	0,2882607	2,77733461
RAMAL PRINCIPAL+BARRILETE	2,96	10656	50	7,73	18,6	26,33	0,0494983	1,303291234
BARRILETE+RESERVATÓRIO	2,824	10166,4	50	4,25	23,7	27,95	0,0455844	1,27408474
TOTAL								10,90664425

4.1.2. Resultados para o dimensionamento com o material PEX

4.1.2.1. Dimensionamento por derivação (ramificado)

Adotando o sistema de distribuição por derivação para o PEX, é possível perceber que as singularidades e conexões neste sistema, se assemelham às utilizadas no sistema convencional em PVC devido às ramificações utilizadas para cálculo serem compatíveis e o traçado adotado ser o mesmo. Assim, o dimensionamento também deve ser efetuado para o ponto mais desfavorável localizado no apartamento tipo 1, e desta forma, foi analisado o traçado definido para o sistema de PEX ramificado, determinando assim a perda de carga total dos trechos em estudo, resultado este apresentado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Parâmetros hidráulicos e o total da perda de carga para o traçado de PEX ramificado. Fonte: Autores.

APARTAMENTO - PEX (ramificado)								
Trecho - SAIDA DE VAZÃO	Vazão	Vazão	Diâmetro	CR	CE	CT	J	HE

	[L/s]	[L/h]	[mm]				[m/m]	[m]
SUB RAMAL CHUVEIRO	0,19	683,05	25	1,16	11,4	12,56	0,026	0,32656
CH + BANHEIRA	0,49	1763,05	32	4,69	0,26	4,945	0,035	0,173075
RAMAL PRINCIPAL CH + (BACIA+PIA)	0,82	2946,13	32	1,22	0,56	1,776	0,09	0,15984
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 1	1,12	4026,13	32	4,74	0,07	4,807	0,13	0,62491
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 2	1,42	5106,13	32	3,03	0,26	3,285	0,21	0,68985
RAMAL PRINCIPAL + AREA SERVIÇO + COZINHA	2,11	7599,46	32	7,99	0,26	8,249	0,45	3,71205
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 3	2,41	8679,46	32	5,33	0,3248	5,6548	0,56	3,166688
RAMAL PRINCIPAL+BARRILETE	2,96	10656	50	7,73	18,6	26,33	0,046332	1,219922
BARRILETE+RESERVATÓRIO	2,82	10166,4	50	4,25	23,7	27,95	0,042669	1,192584
TOTAL								11,26548

4.1.2.2. Dimensionamento ponto a ponto (Manifold)

Através do traçado do sistema de distribuição ponto a ponto para o PEX, é possível verificar que este tipo de sistema de distribuição hidráulico, apresenta uma importante vantagem no que se refere à disposição de conexões e singularidades presentes na tubulação em relação ao sistema ramificado convencional utilizando PEX e PVC, visto que neste sistema é utilizada uma caixa de distribuição em cada apartamento, da qual partem tubulações individuais para cada equipamento hidráulico evitando assim o uso de conexões intermediárias, diminuindo conseqüentemente a perda de carga localizada. Entretanto, devem ser considerados os comprimentos reais da tubulação a partir da caixa de distribuição e a perda singular das conexões que farão a ligação com a peça de utilização, como por exemplo os cotovelos [8]. Desta forma, considerando maiores comprimentos, o resultado calculado para a perda de carga total não apresentou grande variação em relação ao traçado convencional utilizando o PEX. A perda de carga

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

calculada nos trechos e a perda total neste caso é apresentada na Tabela 3 a saber.

Tabela 3: Parâmetros hidráulicos e o total da perda de carga para o traçado de PEX ponto a ponto. Fonte: Autores.

APARTAMENTO - PEX (ponto a ponto)								
Trecho - SAIDA DE VAZÃO	Vazão (L/s)	Vazão (L/h)	Diâmetro (mm)	CR	CE	CT	J (m/m)	HE
SUB RAMAL CHUVEIRO	0,19	683,05	25	1,35	11,4	12,75	0,026	0,3315
CH + BANHEIRA	0,49	1763,05	32	3,71	0,56	4,27	0,035	0,14945
RAMAL PRINCIPAL CH + (BACIA+PIA)	0,82	2946,13	32	1,22	0,26	1,476	0,09	0,13284
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 1	1,12	4026,13	32	4,74	0,07	4,807	0,13	0,62491
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 2	1,42	5106,13	32	3,03	0,26	3,285	0,21	0,68985
RAMAL PRINCIPAL + AREA SERVIÇO + COZINHA	2,11	7599,46	32	7,99	0,26	8,249	0,45	3,71205
RAMAL PRINCIPAL + BANHEIRO 3	2,41	8679,46	32	5,33	0,3248	5,6548	0,56	3,166688
RAMAL PRINCIPAL+BARRILETE	2,96	10656	50	7,73	18,6	26,33	0,046332	1,219922
BARRILETE+RESERVATÓRIO	2,82	10166,4	50	4,25	23,7	27,95	0,042669	1,192584
TOTAL								11,21979

4.2. Comparativo hidráulico

A Tabela 4 resume os resultados em relação às perdas de cargas utilizando PVC (ramificado) e PEX (ramificado e ponto a ponto).

Tabela 3: Comparação da perda de carga entre os materiais utilizados.

	PVC	PEX RAMIFICADO	PEX PONTO A PONTO
Perda de Carga total (m)	10,91	11,26	11,22

Ao se comparar os resultados obtidos para os materiais PVC e PEX percebe-se que a utilização do PEX tanto no sistema ramificado como no sistema ponto a ponto, resulta em uma perda de carga um pouco maior do que o resultado obtido no dimensionamento com o PVC. Para o sistema ramificado, o traçado adotado para o PEX foi o mesmo que foi adotado para o PVC, utilizando assim singularidades semelhantes, o que traz uma perda de carga singular bem próxima à do PVC, porém, a perda de carga total do sistema foi um pouco maior, o que indica que houve uma maior perda de carga linear no traçado utilizando o PEX, e que nos mostra que a rugosidade dos tubos de PEX é maior do que a rugosidade dos tubos de PVC. De fato, a rugosidade absoluta do PVC é de aproximadamente 0,0015 [7] enquanto que a rugosidade PEX é de 0,004 mm [8]. Para o traçado de PEX ponto a ponto, embora sejam utilizadas menos conexões e se tenha uma menor perda de carga singular neste sistema, a perda de carga total também foi um pouco maior, devido ao traçado adotado ter utilizado uma grande quantidade de comprimento de tubos, o que aumenta drasticamente a perda de carga linear distribuída, resultando em uma perda de carga total maior.

4.3. Orçamento econômico

A partir da observação dos traçados efetuados no dimensionamento, foi possível determinar quais seriam os comprimentos de tubulações e as quantidades e tipos de conexões que seriam utilizadas nos sistemas de lançamento de água em PVC e em PEX.

As tabelas a seguir mostram a lista de materiais e a quantidade gasta de cada um, assim como o preço unitário e o gasto com cada material, obtendo assim um preço total para o dimensionamento efetuado. A tabela 5 traz os comprimentos, quantidades e valores, assim como o gasto total para o dimensionamento utilizando o PVC. Já as tabelas 6 e 7, trazem estes mesmos dados, para o dimensionamento do PEX em sistema ramificado e em sistema ponto a ponto, respectivamente.

Tabela 5: Orçamento contendo lista de itens, quantidades gastas e preços unitários, assim como o gasto total para o PVC. Fonte: SINAPI (2016).

Tubulações e conexões para o sistema em PVC				
Descrição do item	Unidade de mercado	Quantidade	Preço unitário	Preço [R\$]
Tubo 32 mm	50 metros	54	5,69	307,26
Tubo 25 mm	50 metros	118,9	2,66	316,274
Joelho 90° 32 mm	Unidade	9	1,05	9,45
Joelho 45° 32mm	Unidade	2	1,93	3,86
Joelho 90° 25 mm	Unidade	62	0,40	24,8
Joelho 45° 25 mm	Unidade	3	0,72	2,16
Tê 32 mm	Unidade	8	1,69	13,52
Tê 25 mm	Unidade	23	0,68	15,64
Tê de redução 32x25	Unidade	2	3,14	6,28
Bucha 32x25	Unidade	7	0,59	4,13
Luvax 32 mm	Unidade	7	1,21	8,47
Luvax 25 mm	Unidade	4	0,57	2,28
Registro Globo 25 mm	Unidade	6	10,8	64,8
Registro Gaveta 25 mm	Unidade	4	41,65	166,6
TOTAL				945,524

Tabela 6: Orçamento contendo lista de materiais, quantidades gastas e preços unitários, assim como o gasto total para o PEX em sistema ramificado. Fonte:

[http://loja.portaldopex.com.br/\(2017\).](http://loja.portaldopex.com.br/(2017).)

Tubulações e conexões para o sistema PEX ramificado				
Descrição do item	Unidade de mercado	Quantidade	Preço unitário	Preço [R\$]
Tubo 32 mm	50 metros	74,73	10,61	792,8853
Tubo 25 mm	50 metros	44,89	6,61	330,5
Conexão Fêmea 25 mm	Unidade	8	28,53	228,24
Conexão Fêmea 32 mm	Unidade	5	27,96	139,8

Tê 25 mm	Unidade	16	20,64	330,24
Tê 32 mm	Unidade	19	32,07	609,33
Luva redução 32x25 mm	Unidade	17	16,68	283,56
TOTAL				2.714,5553

Tabela 7: Orçamento contendo lista de materiais, quantidades gastas e preços unitários, assim como o gasto total para o PEX em sistema ponto a ponto. Fonte:

[http://loja.portaldopex.com.br/\(2017\)](http://loja.portaldopex.com.br/(2017)).

Tubulações e conexões para o sistema PEX ponto a ponto				
Descrição do item	Unidade de mercado	Quantidade	Preço unitário	Preço [R\$]
Tubo 32 mm	50 metros	79,21	10,61	840,4181
Tubo 25 mm	50 metros	48,61	6,61	330,5
Conexão Fêmea 25 mm	Unidade	34	28,53	970,02
Conexão Fêmea 32 mm	Unidade	2	27,96	55,92
Distribuidor 3 saídas	Unidade	8	183,8	1470,4
Distribuidor 2 saídas	Unidade	6	157,54	945,24
Luva 32 mm	Unidade	2	19,65	39,3
Luva redução 32x25	Unidade	1	16,68	16,68
Joelho 90° 32 mm	Unidade	2	22,43	44,86
Joelho terminal fêmea 32 mm	Unidade	3	33,65	100,95
TOTAL				4.814,2881

4.4. Comparativo Econômico

A comparação econômica foi realizada a partir das listas de materiais utilizadas no lançamento utilizando o PVC e PEX. Portanto no orçamento não leva em conta a mão de obra e o tempo de execução. A Tabela 8 traz o comparativo econômico final entre PVC (ramificado) e PEX (ramificado e ponto a ponto).

Tabela 8: Comparação do gasto total entre os materiais utilizados.

	PVC	PEX RAMIFICADO	PEX PONTO A PONTO
Gasto total [R\$]	945,52	2.714,56	4.814,29

A partir da observação dos valores obtidos é possível perceber que a instalação hidráulica adotando o PEX é muito mais dispendiosa do que a mesma instalação executada em PVC, tanto no sistema ramificado como no sistema ponto a ponto. O gasto total calculado para o dimensionamento com o PEX em sistema ramificado foi de aproximadamente o triplo do valor gasto para o dimensionamento com PVC, que considera o mesmo traçado. Já o dimensionamento ponto a ponto para o PEX resultou em um gasto total de quase o dobro em relação ao sistema ramificado em PEX e de aproximadamente 5 vezes o valor obtido em relação ao gasto com PVC. Estes valores são esperados, em vista do fato de que o PEX seja um material relativamente novo no mercado da construção civil, sendo portanto mais difícil de encontrar nas lojas especializadas, e desta forma, por vezes torna-se necessário um contato direto com o fabricante para obtê-lo. Já o PVC possui uso muito disseminado, sendo de mais fácil acesso, caracterizado como uma solução mais barata

5. CONCLUSÕES

Sob o ponto de vista hidráulico, a utilização do PEX como material para as instalações hidráulicas da edificação proposta não foi vantajosa em relação à utilização do PVC, visto que a perda de carga total calculada tanto no sistema ramificado como no sistema ponto a ponto, foi um pouco maior do que o valor calculado para o PVC. Por sua flexibilidade, o PEX permite a redução de conexões e reduz assim o número de pontos fracos das instalações, reduzindo consequentemente a fragilidade do sistema nestes pontos singulares, e a perda de carga localizada. Embora o PEX possibilite um traçado com menores perdas localizadas, deve ser adotado um traçado mais otimizado, de modo que sejam utilizados menores comprimentos de tubulação, diminuindo as perdas de carga distribuída ao longo dos trechos, tornando o sistema hidráulico com a utilização do PEX vantajoso em relação ao PVC, com uma menor perda de carga total.

Sob o ponto de vista econômico, os gastos teóricos calculados para efetuar as instalações hidráulicas com a utilização do PEX são bem mais dispendiosos do que os do PVC. Tal fato é esperado, em vista dos preços mais caros do PEX, tanto para as tubulações como para as conexões necessárias para a instalação do sistema.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CREDER, H. Instalações Hidráulicas e sanitárias / 6.ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- [2] ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUCAO – AECWeb. Utilização de PVC cresce na construção civil. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/pvc-naconstrucao-civil/tematico/13>.
- [3] SOUSA, C. C. Aspectos econômicos e hidráulicos da utilização do PEX como alternativa em projetos de instalações hidráulicas prediais. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- [4] BRANDÃO, R. G. Estudo da viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- [5] ABNT (1993). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7198 – Instalação Predial de Água Quente. Rio de Janeiro – RJ, 1993.
- [6] ABNT (1998). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626 – Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro – RJ, 1998.
- [7] PORTO, Rodrigo de Melo. Hidráulica básica. 4º Ed. São Carlos: EESC-USP, 2006.
- [8] TIGRE, 2010. Catálogo PEX Tigre.
- [9] MOREIRA, G. L. A. Inovação tecnológica e aplicação de novos sistemas construtivos nas instalações hidráulicas e sanitárias. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2010.