

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL ARENHART

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TIPOS DE  
TUBULAÇÕES DE ÁGUA QUENTE EM FUNÇÃO DE  
CONSERVAÇÃO DA TEMPERATURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO  
2017

RAFAEL ARENHART

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TIPOS DE  
TUBULAÇÕES DE ÁGUA QUENTE EM FUNÇÃO DE  
CONSERVAÇÃO DA TEMPERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Alessandro Pansera

TOLEDO

2017



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Toledo  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 73

### **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TIPOS DE TUBULAÇÕES DE ÁGUA QUENTE EM FUNÇÃO DE CONSERVAÇÃO DA TEMPERATURA**

por

**Rafael Arenhart**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 11:10 h do dia **02 de Junho de 2017** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof Msc Calil Abumanssur  
(UTFPR – TD)

---

Prof. Dr Lucas Boabaid Ibrahim  
(UTFPR – TD)

---

Prof. Dr Wagner Alessandro Pansera  
(UTFPR – TD)  
Orientador

---

Visto da Coordenação  
Profª Msc. Silvana da Silva Ramme  
Coordenadora da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## Lista de Ilustrações

Figura 1 - Esquema Experimental Utilizado .....	18
Figura 2 - Temperatura em função do tempo para os dados de PPR .....	23
Figura 3 - Melhor e pior ajuste do modelo de Newton para os dados de PPR .....	25
Figura 4 - Temperatura em função do tempo para os dados de CPVC .....	26
Figura 5 - Melhor e pior ajuste do modelo de Newton para os dados de CPVC .....	27
Figura 6 - Temperatura em função do tempo para os dados de Cobre Revestido .....	28
Figura 7 - Melhor e pior ajuste do modelo de Newton para Cobre Revestido .....	30
Figura 8 - Comparativo entre os melhores ajustes .....	32

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Condutividade térmica dos materiais .....	11
Tabela 2 - Comparativo de propriedades de resina de PVC e de CPVC .....	16
Tabela 3 - Relação dos materiais utilizados no experimento .....	19
Tabela 4 - Diâmetro da tubulação utilizada .....	19
Tabela 5 - Parâmetros do modelo de Newton para os ensaios de PPR .....	24
Tabela 6 - Parâmetros do modelo de Newton para os ensaios de CPVC .....	27
Tabela 7 - Parâmetros do modelo de Newton para os ensaios de Cobre .....	29
Tabela 8 - Coeficiente de perda térmica (K) para os materiais estudados .....	31
Tabela 9 - Tempo para atingir a temperatura ideal de banho (40° C) .....	31
Tabela 10 - Custo unitário (R\$) dos materiais de PPR necessários ao experimento	33
Tabela 11 - Custo unitário (R\$) dos materiais de CPVC necessário ao experimento	33
Tabela 12 - Custo unitário (R\$) dos materiais de Cobre e do Isolante Térmico .....	33
Tabela 13 - Custo específico .....	34

## Lista de Siglas

- PPR – Polipropileno Copolímero Random – Tipo 3
- PVC – Policlorato de Vinila
- CPVC – Policloreto de Vinila Clorado
- NBR – Norma Brasileira aprovada pela ABNT
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CV – Coeficiente de Variação
- DP – Desvio Padrão
- SQ – Soma de Quadrados
- K – Constante de perda térmica
- M – Média
- T<sub>0</sub> – Temperatura inicial (temperatura da água do boiler)
- T<sub>m</sub> – Temperatura ambiente
- DN – Diâmetro Nominal

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	7
1.2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
1.2.1 Objetivos específicos.....	8
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>9</b>
2.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	9
2.1.1 Condução .....	9
2.1.2 Convecção .....	9
2.1.3 Radiação .....	10
2.2 CONDUTIVIDADE TÉRMICA.....	11
2.3 INÉRCIA TÉRMICA.....	12
2.4 ISOLAMENTO TÉRMICO .....	12
2.5 TUBULAÇÃO DE ÁGUA QUENTE .....	13
2.5.1 Cobre.....	14
2.5.2 PPR (Polipropileno Copolímero Random) .....	15
2.5.3 CPVC (Policloreto de Vinila Clorado) .....	16
2.6 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE.....	17
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
3.1 EXPERIMENTO .....	18
3.2 MEDIÇÃO DA TEMPERATURA NAS TUBULAÇÕES .....	20
3.3 FUNCIONAMENTO.....	20
3.4 MODELAGEM DA PERDA TÉRMICA.....	21
3.4.1 Lei de resfriamento de Newton.....	21
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
4.1 PPR (Polipropileno Copolímero Randon).....	23
4.2 CPVC (Policlorato de vinila clorado) .....	25
4.3 COBRE COM REVESTIMENTO TÉRMICO.....	28
4.4 COMPARATIVO ENTRE TUBULAÇÕES.....	30
4.5 ANÁLISE ECONÔMICA .....	33
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXO A – Orçamentos de materiais de tubulação na cidade de Toledo-PR..</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O conforto térmico da água para banho é algo indispensável para a população. A água na temperatura adequada (cerca de 40°C) geralmente só é conseguida através de seu aquecimento, que pode ser realizado diretamente no seu ponto de uso (pelo uso de chuveiro elétrico), ou então por aquecimento central, onde a água é aquecida em um único lugar do imóvel, e direcionada para os diversos pontos de consumo.

Para que a água não tenha perdas de calor durante este transporte do aquecedor central até o ponto de uso, são empregadas tubulações que consigam manter a temperatura da água em seu interior. Contudo, sabe-se que perdas de calor são inevitáveis, forçando que se aqueça a água a temperaturas maiores que a de uso. Em função disso que misturadores são exigidos nos pontos de uso, para dosar a água quente com a água fria, até chegar na temperatura desejada.

Muitos são os materiais utilizados nas tubulações de água quente e a cada novidade empregada no setor, tenta-se trazer vantagens em relação ao custo de aquisição. Porém, a otimização da conservação de temperatura nem sempre é levada em conta.

A conservação da temperatura pela tubulação é algo que deveria influenciar significativamente na escolha do tipo de tubo a ser utilizado, pois nos sistemas onde não ocorre recirculação de água quente, pode ocorrer o resfriamento da água contida dentro da tubulação. Com isto, o sistema não irá apresentar o desempenho esperado, ou seja, ficará emitindo água fria até que toda ela seja expelida da tubulação e dê lugar a água quente, gerando perdas significativas, tanto de água, quanto de energia gasta para o aquecimento. Estas perdas, muitas vezes, não são perceptíveis às pessoas.

Os materiais comumente utilizados no transporte de água quente são PPR (Polipropileno Copolímero Random), CPVC (Policloreto Vinílico Clorado) e de Cobre com revestimento térmico. Nos dois primeiros, o revestimento térmico não é utilizado por recomendação dos fabricantes, que o julgam desnecessário. Porém, existem muitos argumentos que contradizem isto, julgando que estes materiais inovadores que não necessitam revestimento térmico, não possuem a condutividade térmica necessária, perdendo para o Cobre revestido termicamente.



Uma escolha incorreta da tubulação de água quente, pode gerar muito desperdício, que conseqüentemente se traduzem em custos desnecessários. Exemplo disto é uma tubulação que leve água quente para banho, e que não conserve a temperatura por um período de tempo razoável. A água que esfriar dentro da tubulação provavelmente será descartada no próximo banho, até que a tubulação se encha novamente de água quente e chegue ao local do consumo.

O desperdício gerado em casos como este podem ser significativos, pois esta água foi tratada e já teve que ser aquecida, tendo gastos com tratamento e com energia para isto. Ao deixar-se esfriar, traz perda da energia aplicada, sendo um gasto desnecessário. Além disto, tem a questão da água que será eliminada sem uso algum, sendo ela algo indispensável ao ser humano.

A recirculação da água dentro do encanamento seria uma das alternativas para a resolução do problema, porém envolve custos consideráveis para instalação e para funcionamento, trazendo mais energia desperdiçada. Já o uso de um bom isolamento térmico, por outro lado, traria o benefício da economia de energia, sem necessitar custos para funcionamento.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Para Ilha et. al., (2009) o projeto dos sistemas prediais de água quente deve ser feito de forma a garantir que a água chegue em todos os pontos de consumo, sempre que necessário, na temperatura, quantidade e qualidade adequadas ao uso.

Para que se consiga a temperatura adequada ao uso no ponto de consumo, o material empregado na tubulação da água quente é de extrema importância, pois é ele quem ditará se haverá desperdícios no sistema, ou se trará economia de energia.

Gomes Junior (2016) indica que os parâmetros mais importantes de um sistema de condução de fluídos aquecidos são a Condutividade térmica do material da tubulação e sua Inércia térmica.

No momento da compra da tubulação de água quente, é interessante saber qual dos materiais dos tubos é o mais vantajoso. A condutividade térmica indicada pelos fabricantes pode não trazer os resultados propostos, e quase não existem testes publicados sobre isto.

A literatura sobre o assunto é escassa, e as comparações entre os materiais existentes muitas vezes são feitas pelos próprios fabricantes ou representantes comerciais de cada tipo de material.

Sabendo-se qual dos tubos conserva melhor a temperatura da água, pode-se planejar o material correto a ser utilizado em cada projeto específico, otimizando os sistemas e reduzindo desperdícios de água e energia.

## 1.2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo deste trabalho é determinar qual material do tubo apresenta a maior ou menor condutividade térmica e a eficiência térmica que pode resultar em cada caso.

### 1.2.1 Objetivos específicos

- Buscar qual dos materiais de tubulação analisados trará a melhor eficiência energética.
- Avaliar qual material de tubulação possui o melhor custo / benefício.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Segundo Chaguri Junior (2009), as perdas de calor ocorrem por condução entre a água quente e o ambiente, por convecção entre a água quente e a parede interna do tubo, e ainda pelo ambiente e a parede externa do isolamento térmico (ou da tubulação quando inexistente isolamento).

#### 2.1.1 Condução

Conforme Cardoso, Damo e Matter (2007), a condução pode ser vista como a transferência de energia de partículas mais energéticas para partículas de menor energia, em um meio devido às interações que existem entre elas.

A condução é a propriedade mais influente em uma tubulação de água quente, e ocorre por contato molecular. Nos fluidos, ocorrem fenômenos convectivos que alteram o processo original. Por esta razão, a condução só poderá ser relacionada aos fluidos quando não se verificam movimentos convectivos (LAMBERTS et al., 2016).

#### 2.1.2 Convecção

Convecção é a transferência de energia ocorrida no interior de um fluido, devido aos efeitos combinados de condução e escoamento dos fluidos, que atuam como meio de transporte da energia.

Conforme Lamberts et al. (2016), a transferência de calor por convecção se verifica quando os corpos estão em contato molecular, sendo um deles um fluido, e ocorre em duas fases: na primeira o calor se transmite por condução. Já na segunda,

a alteração sofrida pela temperatura do fluido modifica sua densidade provocando o movimento convectivo.

Para a determinação do coeficiente de convecção, podem ser aplicados o método da solução exata, método da combinação de análise dimensional com recursos experimentais, da análise aproximada da camada limite, por métodos integrais e a analogia entre transmissão de calor, de massa, de energia elétrica e de quantidade de movimento (CARDOSO; DAMO; MATTER, 2007).

### 2.1.3 Radiação

Radiação térmica é o processo gerado pela propagação da radiação eletromagnética em um meio, mesmo que não exista diferença de temperatura. A transferência de calor por radiação ocorre mais eficientemente no vácuo (CARDOSO; DAMO; MATTER, 2007).

Segundo Lamberts et al. (2016), a radiação ocorre mediante uma dupla transformação da energia, onde a parte do calor do corpo com maior temperatura se converte em energia radiante que chega até o corpo com menor temperatura, e é absorvida numa proporção que depende das propriedades da superfície receptora, sendo novamente transformada em calor.

Para Milcent (2007), devido a radiação, pode-se perder mais calor com uma tubulação isolada do que com uma tubulação sem isolamento. Isto ocorre devido ao efeito da radiação ser particularmente verdadeiro em altas temperaturas.

Para que isto não ocorra, deve-se determinar a espessura mínima necessária do isolamento térmico.

## 2.2 CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Gomes Junior (2016) afirma que os parâmetros mais importantes de um sistema de condução de fluídos aquecidos são a Condutividade térmica do material e a sua Inércia térmica. Ainda complementa que quanto menor for a condutividade térmica do material, e quanto mais alta for a inércia térmica, maior será a economia de energia alcançada pelo sistema.

Van Lier et al. (2015) define condutividade térmica como uma propriedade do material pelo qual a condução ocorre, e seu valor pode ser determinado experimentalmente. Complementa ainda que a unidade da condutividade térmica, no SI, é  $W m^{-1} K^{-1}$ .

Chaguri Junior (2009), apresenta uma tabela comparativa (Tabela 1) com a condutividade térmica dos principais materiais utilizados em tubulações de água quente:

**Tabela 1: Condutividade térmica dos materiais**

<b>MATERIAL</b>	<b><math>\lambda</math> (<math>W m^{-1} K^{-1}</math>)</b>
Isolante: Polietileno expandido	0,035
Cobre	332
PPR	0,2064
CPVC	0,1376

**Fonte: Adaptado de Chaguri Junior, 2009.**

Para Cardoso, Damo e Matter (2007), o índice de condutividade térmica varia de acordo com o material e depende da estrutura física, a níveis atômico e molecular, os quais estão relacionados ao referido estado físico.

Van Lier et al. (2015) explica que os metais sólidos possuem os maiores valores de condutividade térmica, sendo assim os melhores condutores de calor. Já os materiais que apresentam valores muito pequenos de condutividade térmica, são maus condutores de calor, chamados também de isolantes térmicos.

## 2.3 INÉRCIA TÉRMICA

Para Papst (1999), o conceito de inércia térmica está relacionado com a capacidade térmica da estrutura por unidade de superfície, que é o produto da densidade pela espessura e pelo calor específico do material.

De um modo simples, a inércia térmica pode ser definida como a capacidade de um material de armazenar o calor e de liberar este calor pouco a pouco.

Conforme Costa (1982), a inércia térmica mantém a temperatura no interior de um determinado material bastante estável em relação às variações da temperatura externa, ou seja, durante o aquecimento o calor vai sendo transferido para o interior do material, causando um aumento progressivo da temperatura no interior do mesmo, em um processo de transferência de calor lento. Frequentemente este processo inverte o seu sentido após a diminuição da temperatura externa e inicia-se um processo de transferência de calor no sentido inverso, com o calor fluindo do interior do corpo para o exterior. Nesse momento, o tamanho do corpo é de grande importância no processo de perda de calor; quanto maior (maior massa) e mais denso for o corpo, mais lenta é a perda de calor.

Nos sistemas de água quente, os materiais de tubulação que possuem maior inércia térmica irão demorar mais para responder a variações de carga térmica.

## 2.4 ISOLAMENTO TÉRMICO

A NBR 7198/1993 cita que dependendo do tipo de material especificado e das peculiaridades da instalação, o projetista deve considerar a necessidade de seu isolamento térmico e acústico.

Quando a temperatura de um sistema é maior ou menor que a temperatura ambiente, podem ocorrer trocas de calor que tem por resultado a alteração da temperatura deste sistema e a perda de energia. Para reduzir estes efeitos se emprega uma camada de material com baixa condutividade térmica sobre as superfícies de troca (MILCENT, 2007).

O isolamento térmico é fundamental nas tubulações de água onde exista um diferencial entre a temperatura do fluido e a temperatura ambiente. Tem por objetivo

criar uma resistência a transmissão de temperatura de um meio para o outro, assegurando a manutenção da temperatura nas instalações dentro do valor preestabelecido, e assegurando a sua performance dentro dos parâmetros de eficiência e economia energética propostos (GODINI, 2016).

Segundo Dickert (2016), os materiais isolantes térmicos devem apresentar baixos valores de Condutividade Térmica ( $\lambda$ ) menores que  $0,065 \text{ W/(m K)}$ .

Milcent (2007) explica que o isolante térmico incorpora em seu interior uma grande quantidade de pequenas bolhas de gás, que evitam a sua movimentação, e assim reduzem a transferência de calor por convecção.

## 2.5 TUBULAÇÃO DE ÁGUA QUENTE

Conforme Dickert (2016), a escolha do tipo de tubo mais adequado está diretamente relacionada com os requisitos técnico/econômicos de cada projeto, que deve levar em consideração a natureza e a temperatura do fluido transportado.

A principal norma para instalações hidráulicas de água quente no Brasil, é a ABNT NBR 7198/1993 – Projeto e Execução de Instalações Prediais de Água Quente. Além desta, existem normas específicas de cada material empregado na condução da água quente, sendo a NBR 13206/2010 para Cobre, NBR 15813/2010 para PPR, e a NBR 15884/2010 para CPVC.

Tradicionalmente, se utilizavam os tubos de cobre isolados termicamente para as instalações hidráulicas de água quente. A partir da década de 60, outros materiais plásticos como o Policloreto de Vinila Clorado (CPVC) e o Polipropilento Copolímero Random (PPR) começaram a ser utilizados, tendo como vantagens a facilidade para instalação e menor custo para aquisição, quando comparados com o cobre (MARTINEZ et al., 2012).

Com o aumento na demanda por tubulações de plástico rígido de alta densidade, como o CPVC e o PPR, os quais possuem valores de condutividade térmica menores do que os das tubulações metálicas, o mercado vem sendo induzido a acreditar que o isolamento térmico é totalmente dispensável ou que a sua espessura pode ser reduzida significativamente em função disso. Porém, mesmo que a

condutividade térmica dos tubos de plástico seja mais baixa, ela está muito acima dos valores estabelecidos para um material considerado como isolante térmico. Além disso, tem a densidade muito superior à de qualquer material isolante térmico, o que resulta numa energia armazenada muito maior (DICKERT, 2016).

### 2.5.1 Cobre

O cobre é o material mais empregado tradicionalmente para a condução de água quente. São fabricados por extrusão, sem costura, a partir de uma liga com um mínimo de 99% do metal, conforme a norma NBR 13206/2010.

Os tubos de cobre, rígidos, sem costura, são fabricados em barras de 5 m, pelo processo de extrusão e em seguida são calibrados nos diâmetros comerciais. Os tubos de cobre não possuem curvas de regressão, portanto, não apresentam variação das características de resistência à temperatura e de pressão ao longo do tempo (BENEDICTO, 2009).

Segundo o Catálogo Técnico ELUMA (2009), existem 3 classes de Tubos de Cobre para transporte de água:

- a) Classe E (leve) - Indicados para instalação de água quente ou fria, e devem operar em baixa pressão (até 7,5KPa).
- b) Classe A (média) - Indicados para aplicações com operação em baixa e média pressão (até 150kPa), com diâmetros cuja espessura da parede seja maior ou igual a 0,80mm.
- c) Classe I (pesada) - Indicados para instalações industriais de alta pressão e vapor. Podem operar em média pressão (até 150kPa) ou onde as instalações exijam maior resistência mecânica, com diâmetros cuja espessura da parede seja maior ou igual a 1,0mm.

As principais Normas Técnicas de Referência para tubulações de cobre no transporte de água quente são descritas a seguir:

- ABNT NBR 13206/2010. Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos – Requisitos;
- ABNT NBR 15345/2013. Instalação predial de tubos e conexões de cobre e ligas de cobre — Procedimento.



### 2.5.2 PPR (Polipropileno Copolímero Random)

O Polipropileno Copolímero Random (PPR) trata-se de uma resina plástica resistente a picos de temperatura de até 95°C (NAKAMURA, 2014).

Conforme Benedicto (2009), os tubos de PPR são produzidos em barras de 3 m e, em função das pressões máximas admissíveis, divididos em três classes de pressão: PN12, PN20 e PN25. Para o transporte de água quente, utilizam-se o PN20 e o PN25, sendo o último destinado a tubulações com alta exigência de serviço.

Para Nakamura (2014), os fabricantes de polímeros vêm buscando desenvolver produtos a partir de fontes renováveis, em especial os termoplásticos, pois as certificações de sustentabilidade, enfocam a sua abordagem nas instalações hidros sanitárias, sobretudo nas características de condutividade térmica dos materiais usados para a condução de água quente. Portanto, procura-se valorizar os produtos que apresentem baixa condutividade, uma vez que eles demandam menos isolamento e perdem menos calor, exigindo menos aquecimento de água. Nesse quesito, o PPR apresenta leve vantagem, em relação a outros termoplásticos, justamente por apresentar menor condutividade.

Benedicto (2009) afirma que segundo os fabricantes, devido à baixa condutividade térmica, a aplicação do PPR dispensa o uso de isolantes térmicos. Para instalações industriais ou especiais que requerem maior eficiência térmica, poderão ser utilizados isolantes térmicos. Para instalações onde os tubos e conexões estarão em locais suscetíveis de receber de forma direta os raios ultravioletas, deverão ser protegidos por material isolante, como fita de alumínio. Ainda complementa que o PPR se caracteriza pela execução das conexões por termofusão, ou seja, os materiais se fundem molecularmente a 260°C, formando uma única tubulação contínua.

As Norma técnica específica para o PPR é a ABNT NBR 15.813 - Sistemas de Tubulações Plásticas para Instalações Prediais de Água Quente e Fria, que é dividida em 3 partes, as quais tratam da tubulação, conexões e instalações.

### 2.5.3 CPVC (Policloreto de Vinila Clorado)

Segundo Nakamura (2014), o Policloreto de Vinila Clorado (CPVC) é um PVC que recebeu maior teor de cloro, como mostrado na Tabela 2, tendo como principal efeito dessa adição o aumento das forças de atração intermoleculares, o que promove uma melhora das propriedades térmicas. O maior teor de cloro aumenta a densidade e o retardamento à chama do material.

**Tabela 2: Comparativo de propriedades de resinas de PVC e de CPVC.**

<b>Propriedade</b>	<b>PVC</b>	<b>CPVC</b>
Teor de Cloro (%)	56,8	63-68
Densidade (g / cm <sup>3</sup> )	1,4	1,52-1,59
Temperatura máxima de serviço em uso contínuo (°C)	65	90
Temperatura máxima de serviço em uso intermitente (°C)	80	110

**Fonte: Nakamura (2014)**

Para Ilha et. al., (2009) a principal vantagem do CPVC em relação ao PVC rígido, é a de suportar pressões existente nos sistemas de água quente, até temperaturas de 80°C. Complementa que as juntas em tubos de CPVC são feitas através de soldagem química a frio, com a utilização de adesivo próprio para este fim.

Conforme AMANCO (2013), o CPVC apresenta vida útil longa, baixo coeficiente de dilatação e baixa condutividade térmica, possuindo características de baixa perda de calor dispensando isolamento térmico.

A Norma técnica da ABNT para CPVC é a NBR 15.884 - Sistemas de Tubulações Plásticas para Instalações Prediais de Água Quente e Fria - Policloreto de Vinila Clorado (CPVC), também dividida em 3 partes, sendo que a primeira trata dos requisitos das tubulações, a segunda sobre os requisitos das conexões, e a terceira sobre montagem, instalações, manuseio e armazenamento.

## 2.6 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE

Para Baptista e Coelho (2010), o objetivo das instalações de água quente é garantir aos usuários da edificação o fornecimento de água em temperatura controlável.

Conforme Ilha et al. (1994), os sistemas prediais de água quente podem ser classificados em sistemas individual, central privado e central coletivo.

Macintyre (2010), também faz esta mesma classificação:

- a) individual – sistema dimensionado para atender um só aparelho;
- b) central privado – sistema dimensionado para atender vários pontos dentro de uma casa ou apartamento;
- c) central coletivo – sistema baseado em uma central de aquecimento de água que atende todas as unidades de uma edificação.

Baptista e Coelho (2010) fala que a temperatura da água para uso humano não deve exceder 40° C.

A NBR 7198/1993 complementa que a instalação de misturadores é obrigatória se houver possibilidade de a água fornecida ao ponto de utilização para uso humano ultrapassar 40°C.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) fixou em 5 minutos a duração ideal do banho para conseguir um uso sustentável de água e energia. Em um banho de 5 minutos, você gasta 45 litros de água, que é uma quantidade considerável capaz de garantir a higiene (BUSTO, 2015).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 EXPERIMENTO

Para o presente experimento, foi construída uma estrutura de madeira com capacidade de suporte de um boiler de 80 litros com resistência, o qual serviu para aquecer e conservar a temperatura da água. Na saída deste, foi acoplado o encanamento a ser analisado, com todas as conexões e acessórios necessários (Tabela 3). Este encanamento percorreu uma distância de 6 metros, para simular um sistema de aquecimento central residencial.

Na Figura 1 encontra-se o esquema experimental utilizado.

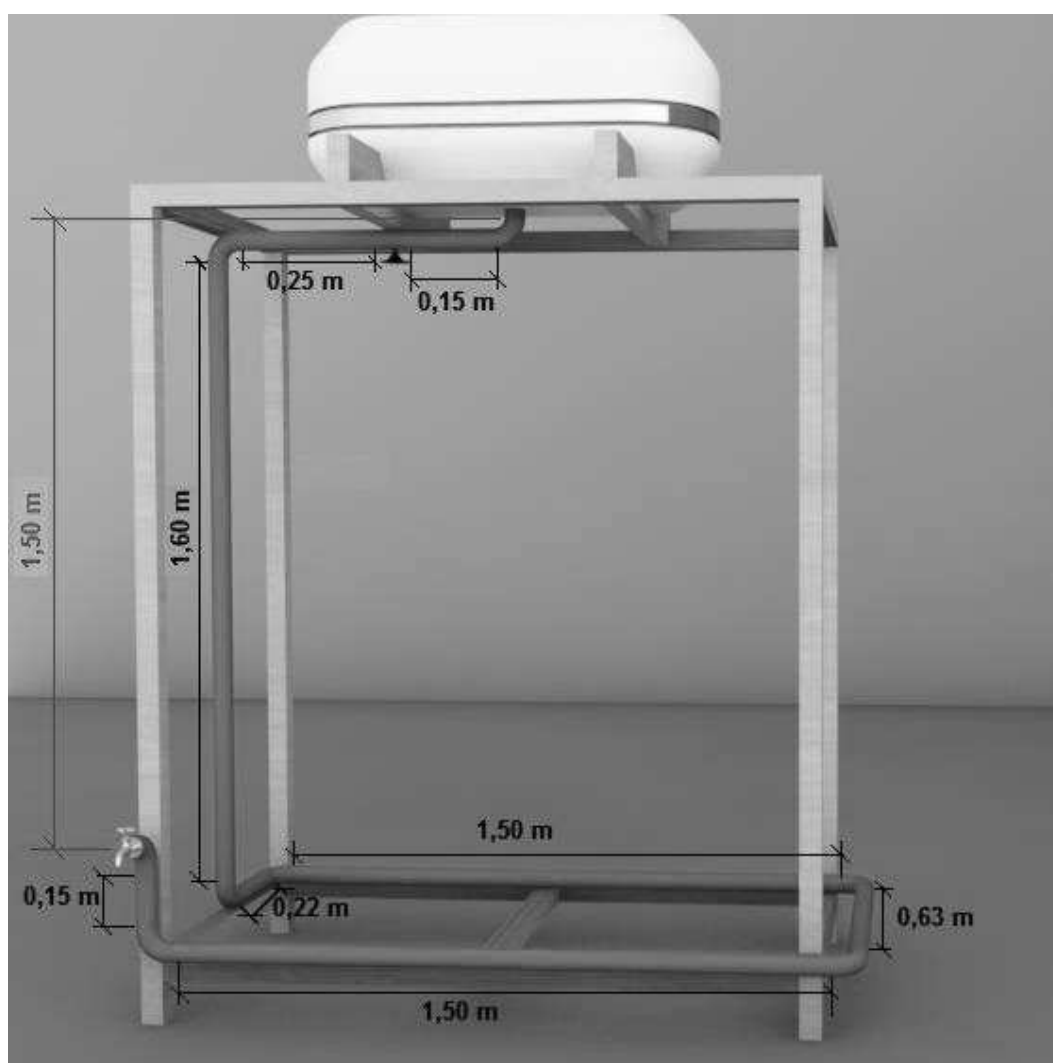


Figura 1: Esquema experimental utilizado.

Através deste esquema, visou-se verificar principalmente a temperatura da saída de água do chuveiro. Por questões de limitação de pé direito do local do experimento, a maioria da tubulação foi alocada no sentido horizontal, porém mantendo na vertical a distância de 1,50 metros entre a saída de água do boiler e a saída de água do chuveiro. Não foram inseridas saídas para lavatório e para Ducha higiênica, mantendo-se apenas o chuveiro. Também foi adicionado um registro de gaveta na saída do boiler, para facilitar o manuseio. A Tabela 3 apresenta as tubulações e conexões utilizadas no experimento.

**Tabela 3: Relação dos materiais utilizados no experimento.**

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
Boiler com aquecimento	Peça	1
Joelho 90° Soldável / Soldável	Peça	6
Registro de Gaveta	Peça	1
Tubo para água quente	Metro	6
Registro de Pressão	Peça	1
Conector Soldável / Rosca Macho	Peça	2
Joelho 90° Soldável / Rosca Fêmea	Peça	2

Foram utilizados os materiais PPR, CPVC e Cobre com revestimento térmico, totalizando 3 tubulações diferentes. Cada tubulação foi montada buscando-se manter o mesmo comprimento e o volume de água dentro da tubulação mais próximo possível, conseguindo-se assim uma comparação mais realista. A tabela 4 apresenta os diâmetros das tubulações utilizadas.

**Tabela 4: Diâmetro da tubulação utilizada.**

	PPR	CPVC	COBRE
<b>Diâmetro Nominal</b>	25 mm	22 mm	22 mm
<b>Diâmetro Externo</b>	25 mm	22 mm	22 mm
<b>Diâmetro Interno</b>	17,3 mm	17,3 mm	21 mm

Pela tabela 4 consegue-se visualizar que, mesmo tendo diâmetros nominais diferentes, o PPR e o CPVC possuem o mesmo valor de diâmetro interno. Porém a tubulação de cobre não possui nenhum diâmetro comercial que coincida com este diâmetro interno. Portanto, adquiriu-se para o experimento a tubulação de cobre de 22 mm, que teve o valor do diâmetro interno mais próximo dos demais materiais.

### 3.2 MEDIÇÃO DA TEMPERATURA NAS TUBULAÇÕES

Foram inseridos 3 (três) medidores de temperatura na tubulação, de forma que ficassem com a ponta do sensor inserida dentro do tubo e submersa na água contida no interior. O primeiro medidor ficou localizado no início da tubulação, próximo ao registro de gaveta do lado do boiler, o segundo ficou no meio, ou seja, na região da metade do comprimento da tubulação, e o último ficou localizado no final da tubulação, próximo a saída da água, antes do registro de pressão.

Todos os medidores de temperatura utilizados neste experimento tiveram seus fatores de correção determinados e aplicados, mantendo-se uma padronização entre todas as temperaturas medidas, para que correspondessem a realidade. Para esta calibração, utilizou-se um termômetro de mercúrio para servir de padrão, o qual foi inserido juntamente com os demais medidores de temperatura em um recipiente com água aquecida na temperatura do experimento. Foram anotadas as temperaturas de todos medidores enquanto a água resfriava, e com os dados obtidos foram feitos os gráficos de cada medidor em função da temperatura padrão, visualizada no termômetro de mercúrio. Também foi feita a linha de tendência destes gráficos, e determinadas as equações destas linhas, sendo estas as equações aplicadas para a correção dos dados medidos.

A temperatura ideal para banho é de 40° C, e como existem perdas de temperatura no sistema, os aquecedores sempre propiciam água em temperatura superior a isto, e é função do misturador localizado na saída do sistema de equilibrar esta temperatura e aproxima-la dos 40° C. Porém vale lembrar que não é interessante que a água entre em ebulição e portanto, o aquecedor não deve gerar temperaturas acima de 100° C. Fazendo-se a média entre o ideal e o máximo, chega-se à temperatura de 70° C, que é a temperatura que buscou-se utilizar neste experimento.

### 3.3 FUNCIONAMENTO

Para a determinação do tempo de conservação da temperatura da tubulação montada, inicialmente ligou-se a resistência do boiler até atingir a temperatura

aproximada de 70° C. Neste momento a tubulação continha água fria em seu interior. Em seguida foi aberto o registro localizado na saída do boiler, e também o registro de pressão localizado no final da tubulação. A água permaneceu fluindo pela tubulação por um período de 5 minutos, que é o tempo ideal de um banho, substituindo a água fria por água quente e aquecendo a tubulação.

Neste momento foi fechado o registro de pressão no final da tubulação, mantendo a água estática, e realizada a leitura de temperatura dos 3 medidores, fazendo-se esta leitura a cada período de 30 segundos, e anotando-se os resultados.

Com isto, visualizou-se o decréscimo da temperatura correspondente ao acréscimo do tempo decorrido. Estas medições das temperaturas se estenderam até que a variação de temperatura não fosse mais significativa, ou até atingir um período de tempo limite, que variou de uma a duas horas de medição, dependendo do material.

Também foi anotada a temperatura ambiente do momento da realização do experimento, para fins comparativos.

Este procedimento foi repetido por diversas vezes, afim de se obter um padrão. Isto foi repetido para cada um dos 3 tipos de tubulação de materiais diferentes (Cobre, PPR e CPVC), obtendo-se assim a coleta de dados necessária para a realização das análises comparativas.

### 3.4 MODELAGEM DA PERDA TÉRMICA

Depois de realizada a coleta dos dados com o experimento, e de realizar a correção destes dados, utilizou-se da Lei de Resfriamento de Newton para desenvolver um modelo empírico dos dados de resfriamento da água.

#### 3.4.1 Lei de resfriamento de Newton

Conforme Souza (2007), a Lei de resfriamento de Newton diz que a taxa de diminuição da temperatura de um corpo é proporcional à diferença de temperaturas entre o corpo e o ambiente.

Esta lei parte de três hipóteses básicas:

1. A temperatura  $T=T(t)$  depende do tempo e é a mesma em todos os pontos do corpo.
2. A temperatura  $T_m$  do meio ambiente permanece constante no decorrer do experimento.
3. A taxa de variação da temperatura com relação ao tempo é proporcional a diferença de temperatura entre o corpo e o meio ambiente.

Matematicamente a lei proposta por Newton pode ser escrita conforme Eq. 1.

$$T = T_m + (T_0 - T_m)e^{-Kt} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde  $T=T(t)$  é a temperatura do corpo no instante  $t$ ,  $T_m$  é a temperatura constante do meio ambiente,  $T_0 - T_m$  é a diferença de temperatura e  $K$  é uma constante que depende do material com que o corpo foi construído, sendo que o sinal negativo indica que a temperatura do corpo está diminuindo com o passar do tempo, em relação à temperatura do meio ambiente.

Os parâmetros  $T_m$ ,  $T_0$  e  $K$  foram estimados utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários conforme Eq. 2.

$$SQ = \sum_{i=1}^n (T_i - \hat{T}_i)^2 \quad \text{Eq.2}$$

Em que  $T$  é a Temperatura estimada na Eq. 1 pelo modelo de Newton,  $\hat{T}$  é a temperatura observada, e  $n$  é o número de pares ordenados medidos no ensaio. O ajuste dos parâmetros foi realizado mediante a minimização da Eq.2.

O coeficiente de variação (CV) foi determinado para as tabelas com a finalidade de se determinar qual material analisado apresenta a maior confiabilidade do valor obtido do coeficiente  $k$  com a aplicação do método.

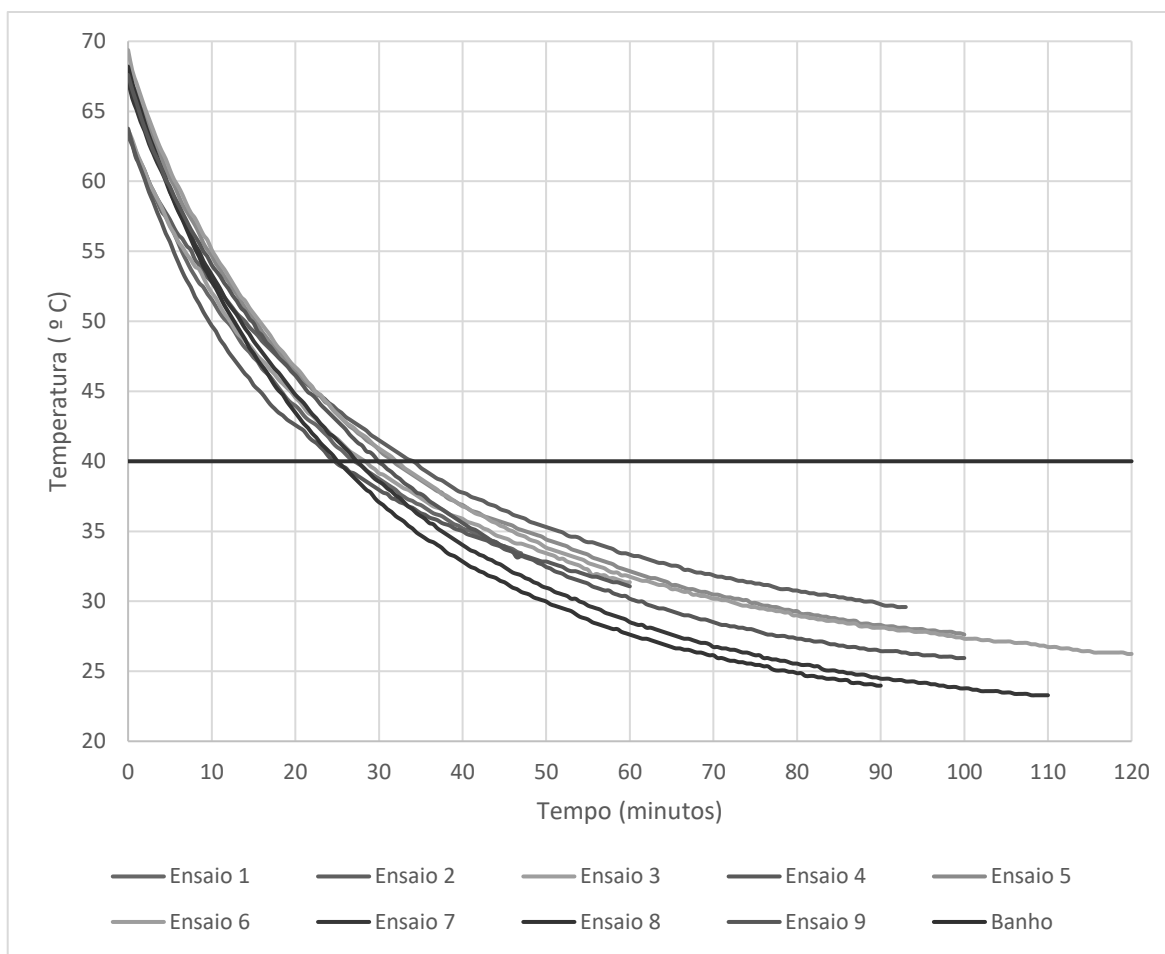


## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PPR (POLIPROPILENO COPOLÍMERO RANDON)

Com o experimento montado utilizando a tubulação de PPR, foram realizados nove ensaios de conservação de temperatura. A tubulação utilizada foi o PPR – PN20 tipo 3 da AMANCO, com diâmetro de 25 mm, com recomendações de uso para temperaturas de até 70° C e pressões não superiores a 0,6 MPa.

Com os dados corrigidos de conservação de temperatura obtidos no terceiro sensor, que estava localizado no final da tubulação e próximo da saída da água, foi possível traçar o gráfico (Figura 2), que mostra o decréscimo de temperatura da água dentro da tubulação em função do tempo, dos nove ensaios realizados.



**Figura 2: Temperatura em função do tempo para os dados de PPR.**

Através da Figura 2 podemos observar que o em todos os 9 ensaios, a temperatura de 40° C, que é a ideal para banho, foi atingida de 25 a 35 minutos após o fechamento do registro. Em outras palavras, a água que estava aquecida a 70° C, ao ficar estática dentro da tubulação de PPR, reduziu sua temperatura para valores abaixo dos 40° C em menos de 35 minutos.

Também pode-se verificar que para a água contida dentro da tubulação voltar à temperatura ambiente, leva-se cerca de duas horas.

Efetuada-se os ajustes do modelo de resfriamento de Newton (Eq. 2) chegou-se aos resultados apresentados na tabela 5.

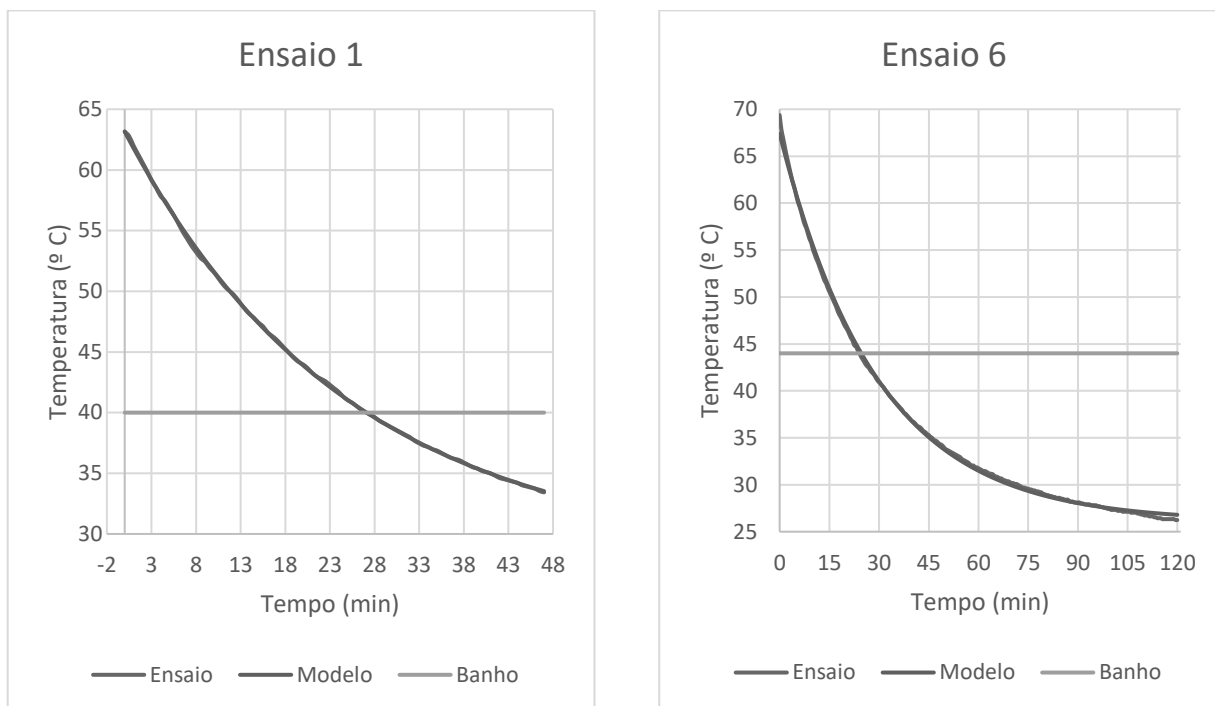
**Tabela 5: Parâmetros do modelo de resfriamento de Newton para os ensaios de PPR.**

	<b>T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>o</sub></b>	<b>K</b>	<b>SQ</b>
<b>Ensaio 1</b>	28,2	63,1	0,0401	1,1709*
<b>Ensaio 2</b>	27,9	62,3	0,0312	5,2227
<b>Ensaio 3</b>	28,0	63,2	0,0379	3,1046
<b>Ensaio 4</b>	29,8	62,7	0,0478	13,7567
<b>Ensaio 5</b>	26,8	66,7	0,0346	22,7707
<b>Ensaio 6</b>	26,1	67,4	0,0339	23,8550**
<b>Ensaio 7</b>	22,3	65,9	0,0328	9,6311
<b>Ensaio 8</b>	22,9	67,0	0,0376	11,0869
<b>Ensaio 9</b>	24,4	66,2	0,0330	6,8596
<b>Média</b>			<b>0,0366</b>	
<b>Desvio Padrão</b>			<b>0,0051</b>	
<b>Coefficiente de Variação</b>			<b>13,9717</b>	

\* Menor valor; \*\* Maior valor; K = Constante de perda térmica; T<sub>m</sub> = Temperatura ambiente; T<sub>o</sub> = Temperatura do boiler; SQ = Soma de quadrados.

Observou-se que a temperatura  $T_o$  ficou muito próxima da temperatura da água do Boiler, e a temperatura  $T_m$  ficou muito próxima da temperatura ambiente, lembrando-se que nem todos os ensaios foram levados até a temperatura de equilíbrio (temperatura ambiente).

Na Tabela 5, observou-se que  $K$  teve um valor médio de 0,0366 com um coeficiente de variação em torno de 13,97. A figura 3 mostra que o modelo de Newton se ajustou muito bem aos dados amostrais.



**Figura 3: Melhor e pior ajuste do modelo de resfriamento de Newton para os dados de PPR.**

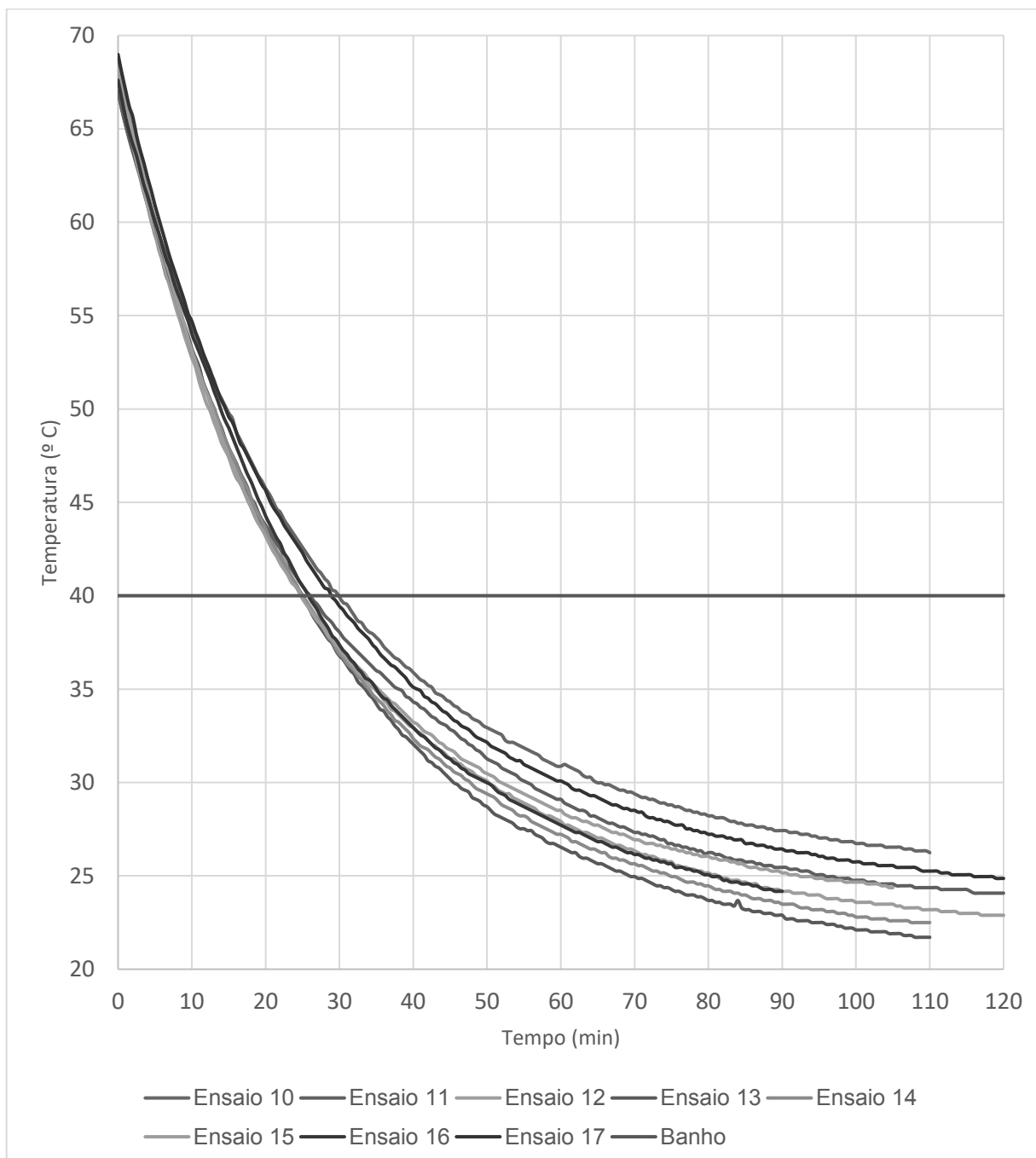
Pela Figura 3, observa-se que tanto no ensaio 1, que foi o melhor ajuste, quanto no ensaio 6, que foi o pior ajuste, o modelo ajustou-se muito bem aos dados observados, deixando as linhas do gráfico praticamente sobrepostas.

Portanto, os parâmetros estimados podem ser utilizados para previsões de perda térmica de água em tubulações de PPR contendo água aquecida.

#### 4.2 CPVC (POLICLORATO DE VINILA CLORADO)

Com a tubulação de CPVC montada, foram realizados 8 ensaios. A tubulação utilizada foi o Super CPVC FlowGuard da AMANCO, com diâmetro de 22 mm, recomendada pelo fabricante para temperaturas de até 70° C e pressão inferior a 900 KPa.

O Figura 4 apresenta os resultados obtidos nos ensaios com CPVC, coletados pelo terceiro sensor que estava localizado no final da tubulação e próximo da saída da água.



**Figura 4: Temperatura em função do tempo para os dados de CPVC.**

Ao observar a Figura 4, percebe-se que o decréscimo de temperatura foi um pouco mais acelerado, onde todos os ensaios apresentaram temperaturas inferiores a 40° C em menos de 30 minutos, e a temperatura da água do interior da tubulação entra em equilíbrio com a temperatura ambiente num período de tempo próximo a duas horas.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos ajustes dos dados dos ensaios com CPVC no modelo de resfriamento de Newton (Eq. 2).

Tabela 6: Parâmetros do modelo de resfriamento de Newton para os ensaios de CPVC.

	<b>Tm</b>	<b>To</b>	<b>K</b>	<b>SQ</b>
<b>Ensaio 10</b>	25,7	66,5	0,0349	5,0901
<b>Ensaio 11</b>	23,8	66,0	0,0356	29,4315**
<b>Ensaio 12</b>	24,1	66,9	0,0391	17,0773
<b>Ensaio 13</b>	21,1	67,6	0,0361	4,3493
<b>Ensaio 14</b>	22,0	67,8	0,0371	11,6788
<b>Ensaio 15</b>	22,8	67,3	0,0375	28,8650
<b>Ensaio 16</b>	22,6	67,6	0,0366	4,2750*
<b>Ensaio 17</b>	24,6	67,9	0,0356	14,2829
<b>Média</b>			<b>0,0366</b>	
<b>Desvio Padrão</b>			<b>0,0013</b>	
<b>Coefficiente de Variação</b>			<b>3,6645</b>	

\* Menor valor; \*\* Maior valor; K = Constante de perda térmica; Tm = Temperatura ambiente; To = Temperatura do boiler; SQ = Soma de quadrados.

Na tabela 6 pode ser observado que o modelo de resfriamento de Newton se ajustou muito bem aos dados coletados, pois coeficiente  $K$  teve um valor médio de 0,0366 com um coeficiente de variação em torno de 3,66. Apesar de nem todos os ensaios atingirem a temperatura ambiente ao final, a temperatura  $T_m$  ficou muito próxima da temperatura ambiente do momento do ensaio, e o modelo também gerou uma temperatura  $T_0$  muito parecida com a temperatura da água do boiler no início dos ensaios.

Com os dados do melhor e do pior ajuste do modelo de Newton, comparados com os dados coletados nos ensaios, chegou-se a figura 5.

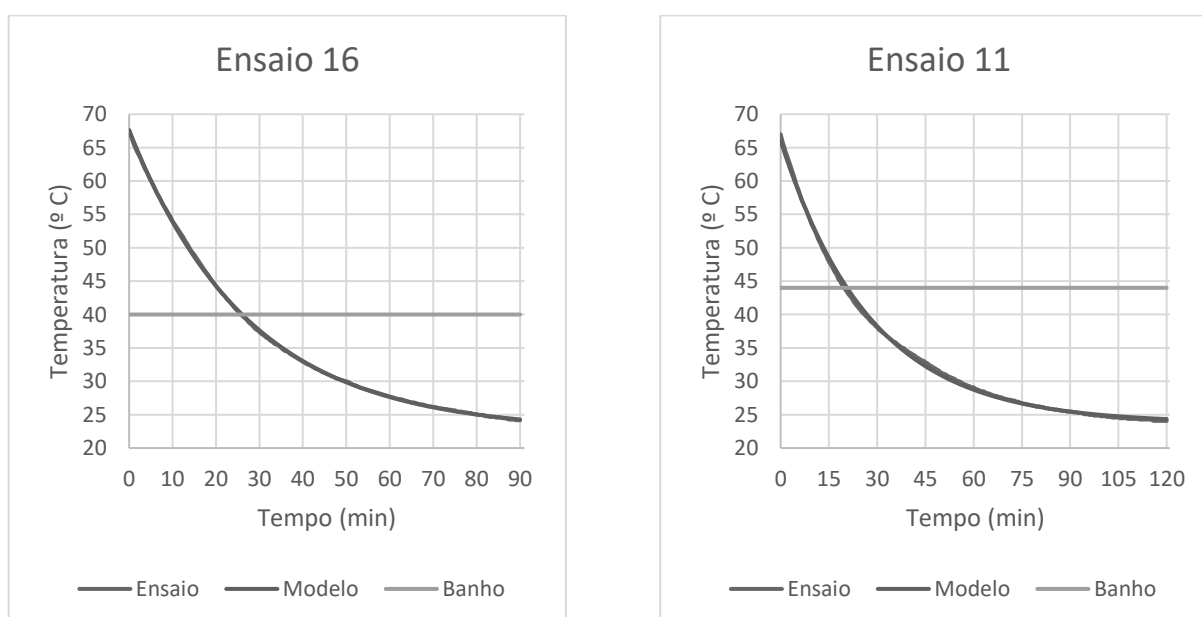


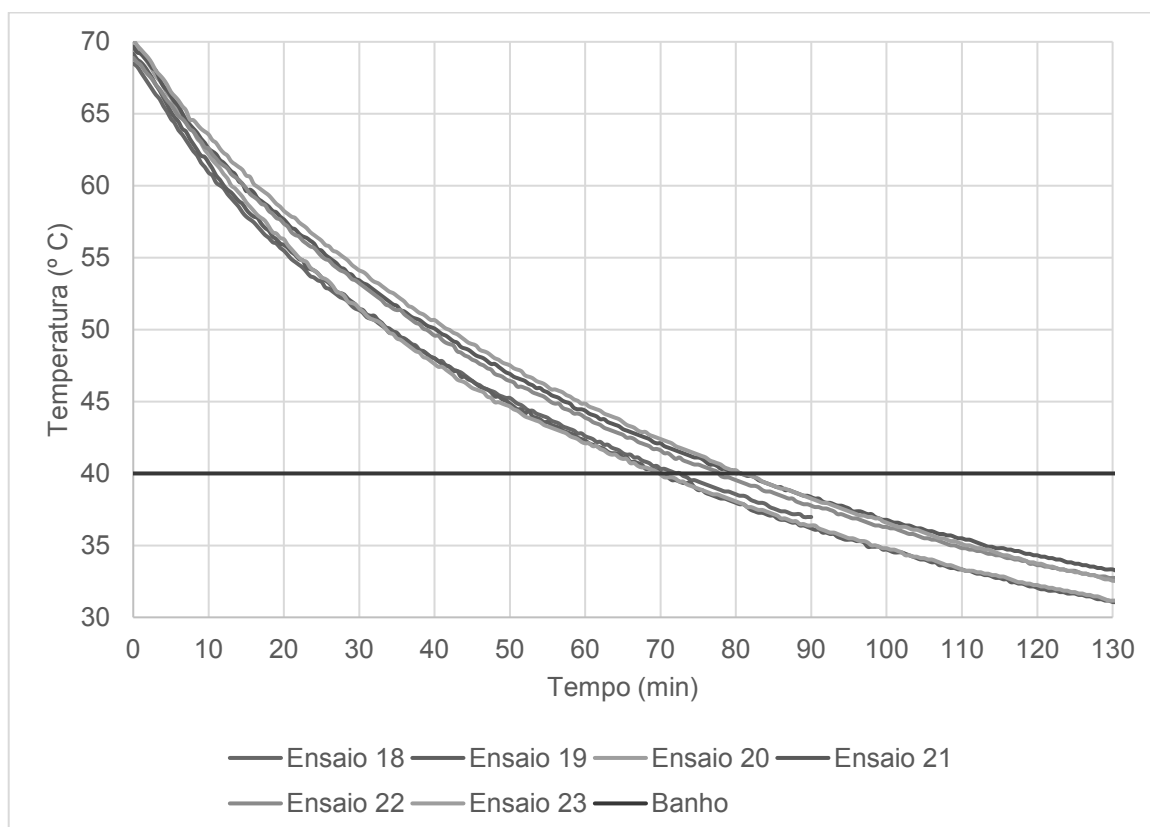
Figura 5: Melhor e pior ajuste do modelo de resfriamento de Newton para os dados de CPVC.

Pela figura 5 observa-se que o modelo teve um perfeito ajuste com os dados dos ensaios, pois tanto no melhor ajuste (Ensaio 16) quanto no pior ajuste (Ensaio 11), as linhas do gráfico coincidiram. Isto mostra que estimativas utilizando a equação de Newton podem ser utilizadas para previsões de perda térmica em água quente contida em tubulações de CPVC.

### 4.3 COBRE COM REVESTIMENTO TÉRMICO

Para a tubulação de cobre com isolamento térmico, foram realizados 6 ensaios. A tubulação de cobre utilizada foi a ELUMA Hidrolar Classe E, sem costura, de 22x0,60 mm. O revestimento térmico utilizado foi o isolante Tubex Blindado 19x22 mm, da EPEX, em polietileno expandido com película protetora.

Os dados coletados no terceiro sensor, localizado no final da tubulação perto da saída da água, para os seis ensaios realizados com a tubulação de cobre com revestimento térmico, estão apresentados na figura 6.



**Figura 6: Temperatura em função do tempo para os dados de Cobre Revestido.**

A tubulação de cobre, sem o isolante térmico, não conseguiria conservar a temperatura da água em seu interior. Portanto, a tubulação de cobre sempre deve ser acompanhada de um bom isolamento térmico, o qual nunca foi dispensado pelos fabricantes deste tipo de tubulação e ao contrário do que é recomendado pelos fabricantes das demais tubulações analisadas neste trabalho. Esta combinação de cobre com isolamento térmico gerou o melhor resultado dentre todos os analisados, como mostrado na figura 6, onde a água aquecida dentro da tubulação somente chega a temperatura de 40° C entre 70 a 80 minutos.

Nenhum dos ensaios de tubulação de cobre revestido termicamente foi levado até a temperatura ambiente, pois depois de duas horas de medição ainda apresentava temperaturas acima dos 32° C. Com a aplicação do modelo de Newton (Eq. 2) aos dados dessa tubulação, obteve-se a tabela 7.

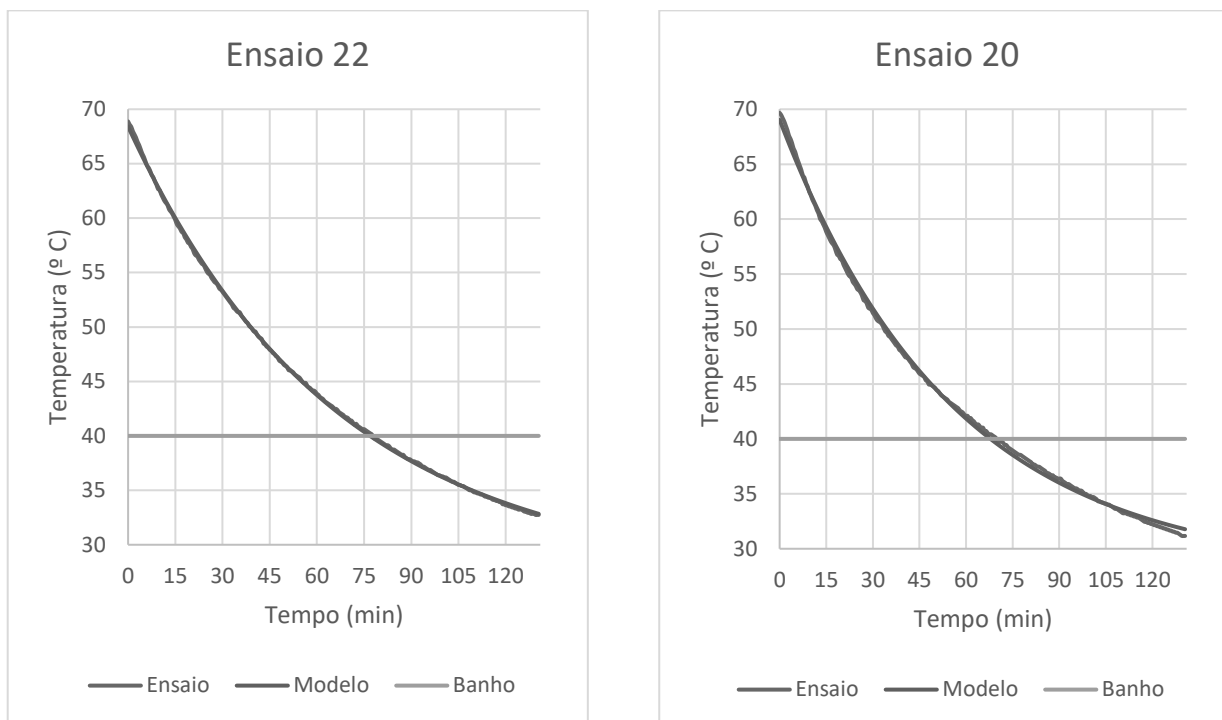
**Tabela 7: Parâmetros do modelo de resfriamento de Newton para os ensaios de Cobre Revestido**

	<b>T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>o</sub></b>	<b>K</b>	<b>SQ</b>
<b>Ensaio 18</b>	31,1	67,9	0,0197	17,6540
<b>Ensaio 19</b>	26,7	68,1	0,0165	31,0309
<b>Ensaio 20</b>	27,8	69,0	0,0180	36,1437**
<b>Ensaio 21</b>	28,2	68,9	0,0156	17,9255
<b>Ensaio 22</b>	27,1	68,4	0,0152	7,3152*
<b>Ensaio 23</b>	25,7	69,2	0,0139	13,8866
<b>Média</b>			<b>0,0165</b>	
<b>Desvio Padrão</b>			<b>0,0021</b>	
<b>Coefficiente de Variação</b>			<b>12,7485</b>	

\* Menor valor; \*\* Maior valor; K = Constante de perda térmica; T<sub>m</sub> = Temperatura ambiente; T<sub>o</sub> = Temperatura do boiler; SQ = Soma de quadrados.

O coeficiente *K* mostrado na tabela 7 teve um valor médio de apenas 0,0165, porém seu CV foi de 12,75. Também se verificou que o parâmetro *T<sub>o</sub>* (temperatura inicial) obtida pelo modelo ficou muito próxima da temperatura da água contida no boiler no início de todos os ensaios, e o parâmetro *T<sub>m</sub>* (temperatura ambiente) também ficou muito próxima da temperatura ambiente do local do ensaio no momento deste.

Estes resultados mostram que o modelo de Resfriamento de Newton se ajusta muito bem aos dados amostrais, como também pode ser visto na Figura 7, que mostra o comparativo do melhor e pior ajuste do modelo com os dados ensaiados.



**Figura 7: Melhor e pior ajuste do modelo de resfriamento de Newton para os dados de Cobre Revestido Termicamente.**

Pela forma em que as linhas de modelo e de ensaio ficaram praticamente sobrepostas na figura 7, tanto no melhor ajuste do modelo de Newton (ensaio 22) quanto no pior ajuste do modelo (ensaio 20), percebe-se que este modelo se ajustou perfeitamente aos dados coletados nos ensaios.

Portanto os parâmetros estimados pelo modelo de resfriamento de Newton podem ser utilizados para previsões de perda térmica de água quente em tubulações de Cobre com revestimento térmico.

#### 4.4 COMPARATIVO ENTRE TUBULAÇÕES

Pela Lei de resfriamento de Newton, o coeficiente  $K$  é uma constante que depende de fatores como a forma da superfície, o fluido ser líquido ou gás, da densidade, calor específico e condutividade térmica, entre outros. A tabela 8 apresenta os valores de  $K$  encontrados com o modelo para cada tipo de tubulação utilizados.



**Tabela 8: Coeficiente de perda térmica (K) para os materiais estudados**

	<b>M</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>PPR</b>	0,0366	0,0051	14,0
<b>CPVC</b>	0,0366	0,0013	3,7
<b>COBRE</b>	0,0165	0,0021	12,7

M = média; DP = Desvio Padrão; CV = Coeficiente de Variação.

Pela tabela 8 observa-se que tanto a tubulação de PPR quanto a tubulação de CPVC resultaram no mesmo valor de média dos coeficientes  $K$ , porém tiveram coeficientes de variação diferentes. Isto se deve pela semelhança dos materiais que compõe a tubulação, pois os dois são polímeros plásticos.

Já o cobre com revestimento térmico teve a média de  $K$  com menos da metade do valor da média de coeficientes  $K$  dos outros materiais. Isto mostra que o cobre com isolante térmico teve desempenho bem melhor que o PPR e o CPVC na questão de conservação térmica, obtendo uma taxa de perda térmica duas vezes menor que a dos outros materiais.

Também é possível analisar na tabela 8 que o CV (Coeficiente de Variação) do cobre apresentou valores muito parecidos com o CV do PPR, enquanto o CPVC mostrou-se muito mais estável devido ao baixo valor de CV apresentado, ou seja, para a aplicação do modelo de Newton em uma previsão, o CPVC é mais preciso que os outros dois materiais.

Outro fator interessante de avaliar pela tabela 8 é que o desvio padrão (DP) do PPR mostrou-se quase 3 vezes maior que o DP dos outros materiais.

Como a temperatura ideal para banho é de 40° C, é interessante avaliar quanto tempo a tubulação consegue conservar a temperatura da água em seu interior antes de chegar em temperaturas inferiores a esta, conforme tabela 9.

**Tabela 9: Tempo para atingir a temperatura ideal de banho (40° C)**

	<b>t min</b>	<b>t max</b>	<b>Média</b>
<b>PPR</b>	25	35	30
<b>CPVC</b>	25	30	26
<b>COBRE</b>	70	80	75

$t_{min}$  = menor tempo de ensaio para chegar em 40° C;  $t_{max}$  = maior tempo para chegar aos 40° C; *Média* = média aproximada do tempo que os ensaios levaram para chegar em 40° C.

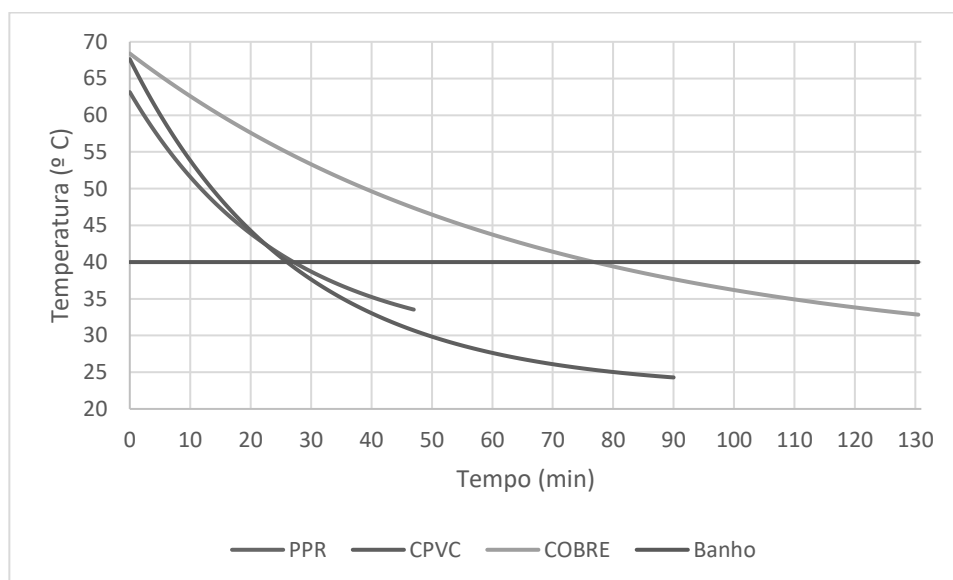
Com a tabela 9 é possível verificar que, utilizando-se tubulação de PPR, em menos de 35 minutos após o fechamento do registro a água no interior da tubulação não estará mais própria para banho.

Para a tubulação de CPVC, o resultado foi um pouco pior que o da tubulação de PPR. Em menos de 30 minutos após fechar o registro, a água não estava mais adequada ao banho.

Já na tubulação de cobre com revestimento térmico, verificou-se que a temperatura da água ideal para banho permaneceu conservada no interior da tubulação por cerca de 75 minutos. Isto representa mais que o dobro do tempo do que foi observado com as tubulações de PPR e de CPVC.

Com o uso da média apresentada na tabela 9, esta diferença fica ainda mais expressiva, mostrando que a tubulação de cobre conserva a temperatura da água para banho em seu interior mais que duas vezes melhor que a tubulação de PPR, e quase três vezes melhor que a tubulação de CPVC.

Utilizando-se dos melhores ajustes encontrados com a aplicação do modelo de resfriamento de Newton para cada um dos três tipos de materiais utilizados, foi possível montar o gráfico apresentado na figura 8.



**Figura 8 – Comparativo entre os melhores ajustes.**

Observa-se na figura 8 que é possível visualizar a diferença entre a conservação de temperatura conseguida pelo melhor ajuste de cada um dos 3 tipos de materiais de tubulação, sendo que o PPR e o CPVC chegaram aos 40° C em um

tempo muito parecido, enquanto o cobre com revestimento térmico obteve um desempenho melhor, levando cerca de três vezes mais tempo para chegar aos 40° C.

#### 4.5 ANÁLISE ECONÔMICA

Foram consultados os fornecedores dos materiais PPR, CPVC, Cobre e Isolante Térmico na cidade de Toledo – PR, e realizados orçamentos das peças necessárias ao experimento (Anexo 1), e tendo os seus valores comparados na tabela 10 para PPR, tabela 11 para CPVC e tabela 12 para Cobre e Isolante Térmico.

**Tabela 10: Custo unitário (R\$) dos materiais de PPR necessários ao experimento.**

DESCRIÇÃO	Fornecedor				
	1	2	3	4	5
Joelho 90° Soldável / Soldável	2,20	2,60	3,30	1,50	3,20
Joelho 90° Soldável / Rosca Fêmea	11,00	9,78	12,55	11,51	12,90
Tubo para água quente (metro)	7,00	6,40	9,15	6,63	8,57
Conector Soldável / Rosca Macho	10,00	10,49	14,65	14,90	12,20

**Tabela 11: Custo unitário (R\$) dos materiais de CPVC necessários ao experimento.**

DESCRIÇÃO	Fornecedor 1	Fornecedor 2
Joelho 90° Soldável / Soldável	4,00	3,69
Joelho 90° Soldável / Rosca Fêmea	18,00	11,06
Tubo para água quente (metro)	13,00	14,07
Conector Soldável / Rosca Macho	16,00	12,06
Adesivo Plástico CPVC 75g	16,00	13,68

**Tabela 12: Custo unitário (R\$) dos materiais de Cobre e do Isolante Térmico.**

DESCRIÇÃO	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3
Joelho 90° Soldável / Soldável	11,00	8,95	9,71
Joelho 90° Soldável / Rosca Fêmea	20,00	25,95	23,63
Tubo para água quente (metro)	24,00	27,96	27,21
Conector Soldável / Rosca Macho	12,00	18,75	10,98
Isolante térmico (metro)	6,50	4,99	8,50

Com as tabelas 10, 11 e 12 e auxílio da tabela 3 que informa a quantidade necessária de cada material, foi possível calcular o custo médio total das peças. Para chegar ao custo Total da montagem de cada tubulação, é necessário adicionar o custo com serviços.

O custo com serviços para PPR significa a mão-de-obra para corte, montagem e realização das emendas por termofusão, a qual necessita equipamento específico (termofusor). Os custos com energia elétrica para uso do termofusor não foram computados. Já para CPVC, custos com serviços significa mão-de-obra para corte, montagem e colagem da tubulação. Para o cobre, significa a mão-de-obra para corte, montagem, e solda de estanho da tubulação com uso de maçarico. Neste caso, os gastos com estanho e com o gás do maçarico estão inclusos.

De posse do custo total e do tempo médio de resfriamento para atingir a temperatura de banho (Tabela 9), é possível determinar o custo específico (Custo total dividido pelo tempo médio que mantém a temperatura da água acima dos 40° C), de cada material, conforme tabela 13.

**Tabela 13: Custo específico**

DESCRIÇÃO	PPR	CPVC	COBRE
<b>Custos com Serviços</b>	100,00	50,00	250,00
<b>Custo médio total das peças</b>	108,65	176,24	331,85
<b>TOTAL</b>	208,65	226,24	581,85
<b>Custo Específico</b>	6,96	8,70	7,76

Obs.: A unidade do custo específico é R\$/min que mantém a água acima dos 40° C.

Através da tabela 13, observa-se que o CPVC apresenta o maior custo específico, mostrando que para cada minuto que mantém a água aquecida acima dos 40° C, tem-se o custo de R\$8,70. Isto o torna inviável perante os outros dois materiais, que apresentam custos específicos menores.

Também é verificado na tabela 13 que a diferença entre o custo específico do cobre e o custo específico do PPR é de apenas R\$0,80, ou seja, apesar de os dois materiais possuírem custo total de montagem muito diferenciados, onde o cobre custa quase 3 vezes mais que o PPR, eles acabam quase se igualando na questão de custo/benefício.

Através destas comparações, pode-se dizer que o CPVC só será viável para edificações onde busca-se maior rapidez e facilidade na montagem da tubulação. Já o PPR é o material que apresentou o menor custo de todos, e serve para quem busca vantagens econômicas na montagem da tubulação. Porém, para quem deseja garantir água em temperatura apropriada para banho por mais tempo, a tubulação de cobre com isolamento térmico é a melhor solução, pois apesar de ser o mais difícil de montar e ter o maior custo de instalação de todos, apresentou um custo/benefício melhor que

o do CPVC, e muito próximo ao do PPR, sendo que a longo prazo, torna-se a solução que trará melhores resultados.

## 5 CONCLUSÃO

Através da análise dos resultados do experimento realizado, é possível observar que a tubulação de PPR tem uma eficiência térmica um pouco melhor que a da tubulação de CPVC. Também é mostrado que tanto a tubulação de PPR quanto a tubulação de CPVC apresentam resultados de conservação térmica muito inferiores aos resultados conseguidos com o cobre revestido termicamente. Isto se deve ao fato dos materiais que compõem o conjunto das tubulações serem diferenciados, sendo que o cobre sempre deve ser acompanhado com isolamento térmico, e tanto o PPR quanto o CPVC devem ser utilizados sem isolamento térmico conforme recomendação dos fabricantes, que o dispensam.

Com isto, conclui-se que o material do tubo influi de modo significativo a condutividade térmica e a eficiência térmica da água aquecida confinada em seu interior.

Na questão de eficiência energética, conclui-se que o cobre com revestimento térmico teve mais que o dobro de eficiência que os outros dois materiais, pois ao conservar por mais tempo a água aquecida em seu interior, evita que em curtos períodos de tempo (menores que 75 minutos) se tenha que descartar a água contida na tubulação, perdendo-se a energia que foi gasta para aquece-la, ou então que se tenha que gastar mais energia para reaquece-la. Já entre o PPR e o CPVC, o resultado apresentado foi muito próximo, sendo que o PPR teve uma pequena vantagem (em torno de 5 minutos) melhor que o CPVC, porém os dois conseguem economizar energia por períodos de tempo de cerca de meia hora.

Com a análise do custo específico apresentada, é possível concluir que o material que possui o melhor custo / benefício é o Cobre com revestimento térmico, pois apesar do PPR ter obtido um menor custo específico, a diferença desse custo com o custo do Cobre ficou muito próxima (apenas R\$0,80), compensando-se investir em cobre com revestimento térmico, que trará mais que o dobro do benefício do que o do PPR. Porém, não se descarta o PPR para quem busca vantagem econômica na aquisição da tubulação, sendo que ele é o material mais barato e traz certo benefício. Já o CPVC mostrou-se o material mais inviável de todos, pois seu custo específico foi o mais alto e, portanto, é o material que possui o menor custo / benefício.

Com as análises deste trabalho, pode-se afirmar que o isolamento térmico não deve ser totalmente descartado para as tubulações de PPR e CPVC, como recomendam os fabricantes, visto as desvantagens térmicas que estes materiais mostraram frente ao Cobre com isolamento térmico.

Para trabalhos futuros, fica a sugestão de realizar o mesmo experimento com as tubulações de PPR e CPVC utilizando isolamento térmico, e comparar os resultados aos do experimento sem isolante térmico, e também aos dados da tubulação de cobre com revestimento térmico.

## REFERÊNCIAS

AMANCO. **Manual técnico - Linha Amanco Ultratemp CPVC**: Para sistemas de água quente e fria. 2013. Disponível em: <[www.amanco.com.br](http://www.amanco.com.br)>. Acesso em: 25 out. 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13206 Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15345 Instalação predial de tubos e conexões de cobre e ligas de cobre - Procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15813-1 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria Parte 1: Tubos de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15813-2 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria Parte 2: Conexões de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15813-3 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria Parte 3: Tubos e conexões de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 – Montagem, instalação, armazenamento e manuseio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15884-1 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Policloreto de vinila clorado (CPVC) – Parte 1: Tubos - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15884-2 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Policloreto de vinila clorado (CPVC) – Parte 2: Conexões - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15884-3 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Policloreto de vinila clorado (CPVC) – Parte 3: Montagem, instalação, armazenamento e manuseio**. Rio de Janeiro, ABNT, 2009.

BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Márcia Maria Lara Pinto. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. 3. ed. 480 p. Belo Horizonte: Ufmg, 2010.

BENEDICTO, Sérgio Murilo de Oliveira. **Desempenho de sistema predial de água quente**. 2009. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Construção Civil, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

BUSTO, Marta Camara. De quanto em quanto tempo é preciso tomar banho? Fatores como idade, local de residência ou uso de sabonete determinam a frequência deste hábito de higiene. **El País: O jornal Global**. Madrid - Espanha, 14 fev. 2015. Ciência - Boa Vida, p. 1-7. Disponível em: <[http://brasil.elpais.com/brasil/2015/02/09/ciencia/1423494328\\_078253.html](http://brasil.elpais.com/brasil/2015/02/09/ciencia/1423494328_078253.html)>. Acesso em: 05 set. 2016.

CARDOSO, Raphael Marzola; DAMO, Renan Adolfo Zanini; MATTER, Roger Miranda. **Estudo da perda de calor nas tubulações de água quente em parede de alvenaria**. 2007. 94 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário Positivo, Curitiba, 2007.

COSTA, Enio Cruz de. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. São Paulo; Ed. Blücher, 1982.

CHAGURI JUNIOR, José Jorge. **Sistemas prediais e aquecimento de água a gás: Parâmetros de dimensionamento e gerenciamento**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Energia, Ep / Fea / Iee / If, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

DICKERT, André. **O custo do material isolante é insignificante diante do total de uma instalação**. 2016. Notícia divulgada pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA). Disponível em: <<http://abrava.com.br/?p=5285>>. Acesso em: 05 ago. 2016.

ELUMA (São Paulo). Departamento de Engenharia de Aplicações da Eluma. **Catálogo Técnico**. 2009. Disponível em: <[http://www.cfg.com.br/up\\_catalogos/Eluma\\_-\\_2009.pdf](http://www.cfg.com.br/up_catalogos/Eluma_-_2009.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2016.

GODINI, Charles. **Isolamento de tubulações e tanques de água gelada**: O custo do material isolante é insignificante diante do total de uma instalação. 2016. Conteúdo retirado do Portal Engenharia e Arquitetura, elaborado pela Nova Técnica Editorial. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/1311/Isolamento-de-tubulacoes-e-tanques-de-agua-gelada.aspx>>. Acesso em: 16 set. 2016.

GOMES JUNIOR, Francisco de Assis Philomeno. **Desempenho térmico tubo de cobre x tubo PPCR (polipropileno copolímero random)**. 2016. Elaborado por Philomeno Jr. Comércio e Representações Ltda. Disponível em: <[http://www.philomenojr.com.br/downloads/Informacoes/Eluma\\_Conexões/Desempenho\\_Termico.pdf](http://www.philomenojr.com.br/downloads/Informacoes/Eluma_Conexões/Desempenho_Termico.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2016.

ILHA, Marina Sangoi de Oliveira.; GONÇALVES, Orestes Marraccini.; KAVASSAKI, Yukio. **Sistemas Prediais de Água Quente**. São Paulo: EPUSP, 1994. Boletim Técnico PCC n. 09.

ILHA, Marina Sangoi de Oliveira; GONÇALVES, Orestes Marraccini; KAVASSAKI, Yukio. **Sistemas prediais de água quente**. São Paulo: Escola Politécnica da Usp, 2009. 69 p. Texto Técnico.

LAMBERTS, Roberto et al. **Desempenho térmico de edificações**. 2016. Elaborado por Laboratório de eficiência energética em edificações do departamento de engenharia civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161\\_v2016.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf)>. Acesso em: 18 out. 2016.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MARTINEZ, Carlos Barreira et al. **Análise de esforços sobre tubulações e conexões de sistemas de abastecimento residencial de água quente**. In: Seminário ibero-americano sobre sistemas de abastecimento e drenagem, 2012, Belo Horizonte. ARTIGO / ARTÍCULO. Coimbra - Portugal: Serea, 2012. v. 1, p. 1 - 13. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/303606015\\_ANALISE\\_DE\\_ESFORCOS\\_SOBRE\\_TUBULACOES\\_E\\_CONEXOES\\_DE\\_SISTEMAS\\_DE\\_ABASTECIMENTO\\_RESIDENCIAL\\_DE\\_AGUA\\_QUENTE](https://www.researchgate.net/publication/303606015_ANALISE_DE_ESFORCOS_SOBRE_TUBULACOES_E_CONEXOES_DE_SISTEMAS_DE_ABASTECIMENTO_RESIDENCIAL_DE_AGUA_QUENTE)>. Acesso em: 04 set. 2016.

MILCENT, Paul Fernand. **Noções de isolamento térmico de tubulações**. 2. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. Departamento de engenharia química. Disponível em: <[http://www.paulmilcent.net/apost\\_iso\\_tub\\_22007.pdf](http://www.paulmilcent.net/apost_iso_tub_22007.pdf)>. Acesso em: 08 ago. 2016.

NAKAMURA, Juliana. **Conheça as propriedades dos principais tipos de plásticos usados nos produtos e sistemas construtivos: Com aplicações consagradas em instalações hidrossanitárias, as matérias-primas termoplásticas ganham espaço na construção, inclusive em aplicações externas**. *Téchne: PINI*, São Paulo, v. 205, n. 205, p.1-3, abr. 2014. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/205/artigo310744-1.aspx>>. Acesso em: 12 out. 2016.

PAPST, Ana Lígia. Uso de inércia térmica no clima subtropical estudo de caso em Florianópolis – sc. 1999. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Ana\\_Ligia\\_Papst.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Ana_Ligia_Papst.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2016.

SOUZA, Luiz Fernando. **Um experimento sobre a dilatação térmica e a lei de resfriamento**. 2007. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~carlos/inic/luizfernando/monografiaLuizFernando.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

VAN LIER, Quirijn de Jong et al. **Condução de energia**: Condutividade térmica. 2015. Arquivos de aula - Site de apoio às Disciplinas de Graduação e Pós-graduação Departamento de Engenharia de Biosistemas - ESALQ - USP. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce200/Cap5.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.

## ANEXO A – Orçamentos de materiais de tubulação na cidade de Toledo - PR

Ferramentas: Rio Pardo Ltda  
 Endereço.: AVENIDA PARTIM DE SOUZA, 1484 - CENTRO  
 Cidade.: Toledo - PR  
 Vendedor.: ANA K. E. VOLKMEIS - 2551

Orçamento.: 165751  
 Data de Emissão.: 3/4/2017  
 Fone.: (45)3055-4434  
 CEP.: 85905-380

Cliente.: Consumidor - 3  
 Endereço.: Toledo  
 Cidade.: Toledo - PR  
 Bairro.: JD PORTO ALEGRE

Telefone.:  
 CEP.: 85900-000  
 Entrega.:  
 CNPJ/CPF.: 333.333.333-33  
 Inscr. Est.:

Codigo	Produto	Unidade	Quantidade	VI Unitario	VI Total
499	TUBO PPR 25MM 3MT PN20 17725	UN	2,00	25,70	51,40
3239	JOELHO PPR AMA 25X1/2 90° F/F 14233	UN	2,00	12,90	25,80
3105	ADAP PPR 25X3/4 AMA F/F TRANS 13344-14219	UN	2,00	14,90	29,80
2484	CAP PPR AMA 25MM 14480	UN	2,00	3,60	7,20
810	JOELHO PPR AMA 25mm 90° F/F 14204	UN	5,00	3,20	16,00
4504	ADAP PPR 25X1/2 AMA F/M 14218	UN	2,00	12,20	24,40

Sub Total.: 154,60  
 Desconto.: 14,58  
 Despesas.: 0,00  
 Total Liquido.: 140,02

Preço liquido.: 0  
 Cobrança.: Dinheiro  
 Vencimento.: 03/04/2017

1 30/12/1899 154,60  
 SRS CLIENTES: AREJA, TIJOLDS, FFIRA F TELHAS DE BARRO SERAO DESCARREGADOS AO LADO DO CANTINHO.

Assinatura



## RENOVARÉ ATACADO DA CONSTRUÇÃO

Orçamento: 40820

CNPJ.: 17.847.659/0001-80      Inscr. Est.: 9062550306      Data.: 03/04/2017  
 Endereço.: AVENIDA PARIGOT DE SOUZA, 3026 - VILA INDUSTRIAL      Hora.: 12:37:11  
 Cidade.: Toledo - PR      CEP.: 85904-270  
 Email.: [RENOVARÉ@RENOVARÉ.NET.BR](mailto:RENOVARÉ@RENOVARÉ.NET.BR)      Fone.: 45 3056 5601      Fax.:

Cliente.: CONSUMIDOR FINAL - 3      Telefone.:  
 Endereço.: Rua      CEP.:  
 Cidade.: Toledo - PR      Entrega.:  
 Bairro.: BAIRRO      CNPJ / CPF.: 888.888.888-88      Inscr. Est.:

Quantidade	UND	Código	Produto	VI Frete	VI Unitário	VI Total
1,00	BR	20791	PPR TUBO 25MMX3M PN20 AMANCO		25,0000	25,00
1,00	UN	7205	PPR TUBO 25MMX3M PN25 AMANCO		33,0000	33,00
2,00					Sub Total.:	58,00
					Desconto.:	0,00
					Frete.:	0,00
					<b>Total Líquido.:</b>	<b>58,00</b>

Renovare - Casa e Construção

## Gafuri Materiais de Construção Ltda

Orçamento 188742

Endereço.: RUA SANTOS DUMONT, 3701 - VILA INDUSTRIAL      Data/Hora Emissões: 03/2017 14:42:13  
 Cidade.: Toledo - PR      CEP.: 85900-600  
 Fone.: 45 3055 2696      IC: 904.906.5201      CNPJ: 11.227.046/0001-64

Cliente.: RAFAEL ARENHART - 5079      Telefone.: 45 9923 8810  
 Endereço.: EDUARDO, 175      CEP.:  
 Cidade.: Toledo - PR      Entrega.:  
 Bairro.: JD GISELE      CNPJ / CPF.: 034.533.479-51      Inscr. Est.: 70401029  
 Vendedor.: JONATHAN RICARDO RAMOS - 2885      Região.:

Peso UND	Qtd UND	Código	Produto	VI Unitário	VI Total
6,00 NTC	2,00 BR	218	AMANCO PPR TUBO 25MMX3M	6,0000	12,00
	5,00 UN	303	AMANCO PPR JOELHO 90 25MM	2,6000	13,00
	2,00 UN	296	AMANCO PPR LUVA 25MM	1,8000	3,76
	1,00 UN	110	AMANCO PPR JOELHO 90 ROSCA INTERNA LATEX 25X1/2MM	9,7000	9,70
	1,00 UN	798	IMPERATRIZ 1509 REG.GAV.3/4 KRUTO	18,4965	18,50
	2,00 UN	111	AMANCO PPR ADAPTADOR M/E 25X3/4	10,4900	20,98
	6,00 UN	1503	ABRAC.TIPO II 3/4 INCA	0,3500	2,10
				Sub Total.:	106,52
				Desconto.:	0,00
				Despesas.:	0,00
				Frete.:	0,00
				<b>Total Líquido.:</b>	<b>106,52</b>

5,00  
 Vencimento.:  
 Cobrança.: Dinheiro  
 Total de Compras.: 19

## CASA HIDRAULICA

Orçamento: 51716

Data.: 09/03/2017

Hora.: 16:56:45

CNPJ.: 05.521.160/0001-08

Inscr. Est.: 90274276-07

CEP.: 85905-390

Endereço.: Rua Haroldo Hamilton, 70 - Centro

Cidade.: Toledo - PR

Fone.: (45) 3277-0174

Cliente.: CONSUMIDOR - 305

CNPJ / CPF.: 444.444.444-44

Endereço.: RUA

CEP.:

Bairro.: BAIRRO

Cidade.: Toledo - PR

Telefone.:

Quantidade	UND	Código Produto	VI Unitário	VI Total
6,00	MT	17725 TUBO PPR 25mm PN20 AMANCO	7,0000	42,00
5,00	UN	13287 JOELHO PPR 90° X 25mm AMANCO	2,2000	11,00
1,00	UN	13354 JOELHO PPR 25 X 3/4 FEMEA AMANCO	11,0000	11,00
1,00	UN	13344 ADAPTADOR FF PPR 25 X 3/4 FEMEA AMANCO	10,0000	10,00
2,00	UN	13325 LUVA PPR 25mm AMANCO	2,0000	4,00
1,00	UN	1510034 REGISTRO GAVETA BRUTO 3/4" 1510 DECA	26,0000	26,00
2,00	UN	13334 ADAPTADOR MF PPR 25 X 3/4 MACHO AMANCO	10,0000	20,00
Sub Total.:				124,00
Desconto.:				0,00
Total Líquido.:				124,00

Vencimento:

CONSUMIDOR - 305

GABRIEL ALEX - 109

Page 1 of 1



## ORÇAMENTO VENDA

Data Orçamento

09/03/2017

Nº Orçamento

14930

Cliente: 000000002-CONSUMIDOR FINAL

Endereço AVENIDA JOSE JOÃO MURARO

Obs:

## ITENS ORÇAMENTO

Produto	Quantidade	UND	Unitario	Desconto	Acrescimo	Juro Fin.	VI. Liquido
0000382-AMANCO TUBO PPR 25MMX3M	6,000	MT	9,15	13,73	0,00	0,00	54,90
0000589-AMANCO LUVA SIMPLES F/F PPR 25MM	2,000	UN	2,21	1,11	0,00	0,00	4,42
0000627-AMANCO JOELHO 90° F/F PPR 25MM	5,000	UN	3,30	4,12	0,00	0,00	16,49
0000510-AMANCO JOELHO 90° INSMET PPR 25X1/2"	1,000	UN	12,55	3,14	0,00	0,00	12,55
0000115-DOCOL REGISTRO GAVETA EUROPA DN 20 (3/4")	1,000	UN	23,32	5,83	0,00	0,00	23,32
0000512-AMANCO ADAPTADOR TRANS F/M PPR 25X3/4"	2,000	UN	14,65	7,33	0,00	0,00	29,30
0000511-AMANCO ADAPTADOR TRANS F/F PPR 25X3/4"	1,000	UN	13,00	3,24	0,00	0,00	13,00

PRODUTOS:	153,98
DESCONTOS(-):	38,50
ACRESCIMOS(+):	0,00
JUROS FIN.(+):	0,00
FRETE(+):	0,00
<b>VALOR LIQUIDO ORÇAMENTO(=):</b>	<b>115,48</b>

Vendedor: 0000000145-EDUARDO FELIPE BECKER PALMA

**CASA HIDRAULICA****Orçamento: 51712**

Data: 09/03/2017

Hora: 16:48:00

CNPJ: 05.521.160/0001-08

Inscr. Est.: 90274276-07

CEP.: 85905-390

Endereço: Rua Haroldo Hamilton, 70 - Centro

Cidade: Toledo - PR

Fone: (45) 3277-0174

Cliente: CONSUMIDOR - 305

CNPJ / CPF.: 444.444.444-44

Endereço: RUA

CEP.:

Bairro: BAIRRO

Cidade: Toledo - PR

Telefone.:

Quantidade	UNID	Código Produto	VI Unitário	VI Total
2,00	UN	18158 TUBO CPVC 22mm X 3m ANANCO	39,0000	78,00
5,00	UN	18120 JOELHO CPVC 90° X 22mm ANANCO	4,0000	20,00
1,00	UN	18139 JOELHO CPVC 22 X 3/4 ANANCO	18,0000	18,00
1,00	UN	18080 CONECTOR MF CPVC 22 X 3/4 NACHO ANANCO	16,0000	16,00
2,00	UN	18070 LUVA CPVC 22mm ANANCO	2,0000	4,00
1,00	UN	1510034 REGISTRO GAVETA BRUTO 3/4" 1510 DECA	26,0000	26,00
2,00	UN	13334 ADAPTADOR MF PPR 25 X 3/4 NACHO ANANCO	10,0000	20,00
1,00	UN	98063 ADESIVO PLASTICO CPVC 75g C/ PINCEL ANANCO	16,0000	16,00

Sub Total.: 198,00

Desconto.: 0,00

Total Líquido.: 198,00

Vencimento:

CONSUMIDOR - 305

GABRIEL ALEX - 109

Page 1 of 1

\* \* \* ORÇAMENTO \* \* \*

Número do Orçamento: 224073

Validade: 29/03/2017

Data / Hora da Saída 09/03/2017

16:35:31

Empresa: Funacol

Fone: 4532521162

Centro

Endereço: Sao Joao

Cidade: TOLEDO

85900000

PR

Cliente: 12381 ARNILDO ARMANDO KEGLER

Fone:

CPF/CNPJ: 11929197934

Endereço: NOVO SOBRADINHO

SN

Cidade: TOLEDO

85900000

PR

Código	Produto	Unid.	Qtde	Unitario	Total Líquido
43126	DOCOL BASE REG GAVETA 3/4	PC	1,000	31,41	31,41
48139	TIGRE ADESIVO CPVC BISMAGA 75G AQUATHERM 53010431	TU	1,000	13,68	13,68
25178	TIGRE CONECTOR AQUATHERM 22 X 1/2	PC	2,000	12,06	24,12
8605	TIGRE JOELHO 90 AQUATHERM 22MM 22850954	PC	5,000	3,69	18,45
8611	TIGRE JOELHO TRANS AQUATHERM 22 X 1/2 22851209	PC	1,000	11,48	11,48
8639	TIGRE LUVA AQUATHERM 22MM 22851454	PC	2,000	2,22	4,44
26538	TIGRE LUVA TRANSICAO AQUATHERM 22 X 1/2	PC	1,000	5,38	5,38
6568	TIGRE TUBO AQUATHERM CPVC 22MM 3M 17000225	BR	2,000	42,21	84,42

Vendedor(es) 29377 EVERTON OLEBER SCHEFFER

Descontos

Data 09/03/2017 Dígito 00000000 Valor 193,38

21,49

VALOR TOTAL

193,38

**CASA HIDRAULICA****Orçamento: 51714**

Data.: 09/03/2017

Hora.: 16:53:19

CNPJ.: 05.521.160/0001-08

Inscr. Est.: 90274276-07

CEP.: 85905-390

Endereço.: Rua Haroldo Hamilton, 70 - Centro

Cidade.: Toledo - PR

Fone.: (45) 3277-0174

Cliente.: CONSUMIDOR - 305

CNPJ / CPF.: 444.444.444-44

Endereço.: RUA

CEP.:

Bairro.: BAIRRO

Cidade.: Toledo - PR

Telefone.:

Quantidade	UND	Código Produto	VI Unitário	VI Total
6,00	MT	220060 TUBO COBRE 22mm CLASSE "C" COBRESUL	24,0000	144,00
5,00	UN	22607 COTOVELO COBRE 90° X 22mm COBRESUL	11,0000	55,00
1,00	UN	71723 COTOVELO COBRE 22mm X 3/4 ELUMA	20,0000	20,00
1,00	UN	22603 CONECTOR COBRE 22 X 3/4 FENEA COBRESUL	12,0000	12,00
2,00	UN	22600 LUVA COBRE 22mm COBRESUL	5,0000	10,00
1,00	UN	1510034 REGISTRO GAVETA BRUTO 3/4" 1510 DECA	26,0000	26,00
2,00	UN	22604 CONECTOR COBRE 22 X 3/4 PB COBRESUL	10,0000	20,00

Sub Total.: 287,00

Desconto.: 0,00

Total Liquido.: 287,00

Vencimento:

500,00  
DINHEIRO

CONSUMIDOR - 305

GABRIEL ALEX - 109

Page 1 of 1

**ORÇAMENTO VENDA**

Data Orçamento

09/03/2017

Nº Orçamento

14929

Cliente: 000000002-CONSUMIDOR FINAL

Endereço AVENIDA JOSE JOÃO MURARO

Obs:

**ITENS ORÇAMENTO**

Produto	Quantidade	UND	Unitario	Desconto	Acrescimo	Juro Fin.	VI. Liquido
0002447-COBRESUL TUBO COBRE 22 MM X 5 M CLASSE E	6,000	MT	27.21	40,82	0,00	0,00	163,26
0002446-COBRESUL COTOVELO 90° X 22 MM COBRE	6,000	UN	9.71	14,56	0,00	0,00	58,24
0001533-COBRESUL LUVA 22 MM COBRE	2,000	UN	3.63	1,82	0,00	0,00	7,27
0001549-COBRESUL CONECTOR RF 22X3/4 BRONZE	2,000	UN	10,98	5,49	0,00	0,00	21,97
0000115-DOCOL REGISTRO GAVETA EUROPA DN 20 (3/4")	1,000	UN	23,32	5,83	0,00	0,00	23,32
0002444-COBRESUL CONECTOR MACHO 22X3/4" COBRE	2,000	UN	7,56	3,77	0,00	0,00	15,11

PRODUTOS:	289,17
DESCONTOS(-):	72,29
ACRESCIMOS(+):	0,00
JUROS FIN.(+):	0,00
FRETE(+):	0,00
<b>VALOR LIQUIDO ORÇAMENTO(=):</b>	<b>216,88</b>

Vendedor: 0000000145-EDUARDO FELIPE BECKER PALMA



## CASA HIDRAULICA

Orçamento: 51717

Data.: 09/03/2017

Hora.: 16:57:49

CNPJ.: 05.521.160/0001-08

Inscr. Est.: 90274276-07

CEP.: 85905-390

Endereço.: Rua Haroldo Hamilton, 70 - Centro

Cidade.: Toledo - PR

Fone.: (45) 3277-0174

Cliente.: CONSUMIDOR - 305

CNPJ / CPF.: 444.444.444-44

Endereço.: RUA

CEP.:

Bairro.: BAIARRO

Cidade.: Toledo - PR

Telefone.:

Quantidade	UND	Código Produto	VL Unitário	VL Total
6,00	MT	190022 ISOLANTE TUBEX AC. BLINDADO PRETO 19X22mm 7/8" EPEX	6,5000	39,00
6,00	MT	10078 TUBO ISOLANTE TERMICO 22 X 10mm EPEX	3,0000	18,00
Sub Total.:				57,00
Desconto.:				0,00
Total Liquido.:				57,00

Vencimento:

CONSUMIDOR - 305

GABRIEL ALEX - 109

Page 1 of 1

## CASA HIDRAULICA

Orçamento: 51714

Data.: 09/03/2017

Hora.: 16:53:19

CNPJ.: 05.521.160/0001-08

Inscr. Est.: 90274276-07

CEP.: 85905-390

Endereço.: Rua Haroldo Hamilton, 70 - Centro

Cidade.: Toledo - PR

Fone.: (45) 3277-0174

Cliente.: CONSUMIDOR - 305

CNPJ / CPF.: 444.444.444-44

Endereço.: RUA

CEP.:

Bairro.: BAIARRO

Cidade.: Toledo - PR

Telefone.:

Quantidade	UND	Código Produto	VL Unitário	VL Total
6,00	MT	220060 TUBO COBRE 22mm CLASSE "E" COBRESUL	24,0000	144,00
3,00	UN	22607 COTOVELO COBRE 90° X 22mm COBRESUL	11,0000	33,00
1,00	UN	71723 COTOVELO COBRE 22mm X 3/4 ELUMA	20,0000	20,00
1,00	UN	22603 CONECTOR COBRE 22 X 3/4 FENEA COBRESUL	12,0000	12,00
2,00	UN	22600 LUVA COBRE 22mm COBRESUL	5,0000	10,00
1,00	UN	1510034 REGISTRO GAVETA BRUTO 3/4" 1510 DECA	26,0000	26,00
2,00	UN	22604 CONECTOR COBRE 22 X 3/4 PB COBRESUL	10,0000	20,00
Sub Total.:				287,00
Desconto.:				0,00
Total Liquido.:				287,00

Vencimento:

CONSUMIDOR - 305

GABRIEL ALEX - 109

Page 1 of 1

500,00  
DINHEIRO