



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DOS CUSTOS NO CICLO DE VIDA ÚTIL DE DOIS SISTEMAS RESIDENCIAIS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Elvis Luis Franceschini (1); Marco Aurélio Stumpf González (2); Andrea Parisi Kern (3);

(1) Engenheiro Civil – Curso de Engenharia Civil – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
– São Leopoldo, RS - franceschini@gmail.com

(2) Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) - UNISINOS - Pesquisador do
CNPq - <http://lattes.cnpq.br/8430945431911323> - mgonzalez@unisinis.br

(3) Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) - UNISINOS -
<http://lattes.cnpq.br/8651276483668080> - apkern@unisinis.br

RESUMO

Grande parte da energia elétrica gerada no Brasil é utilizada para o aquecimento de água em chuveiros elétricos. O uso deste meio normalmente é justificado pelo custo inicial de aquisição do equipamento, menor do que o de outros sistemas, porém em geral não são levados em conta os custos de manutenção e operação, que ocorrem ao longo do ciclo de vida. O objetivo deste trabalho é comparar os sistemas de aquecimento de água residenciais mais comuns (a gás de passagem e chuveiro elétrico) utilizando a técnica da análise de custos no ciclo de vida. A técnica foi utilizada para examinar estes sistemas através de um estudo focado em Flores da Cunha, cidade situada na serra gaúcha, identificando-se um edifício residencial típico e os custos e opções mais comuns para o usuário local. Para condições similares de uso, o sistema a gás apresentou maior custo na análise com fluxo de caixa descontado. O resultado é contrário ao senso comum e pode ser utilizado nas fases iniciais, para auxiliar a decisão de projeto.

Palavras chaves: análise de custos no ciclo de vida, sistemas de aquecimento de água, construção civil.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais pode contribuir para a sustentabilidade, pois é grande consumidor de recursos naturais e de energia para a fabricação de materiais e para operação e manutenção das edificações, sendo também grande gerador de resíduos de construção e demolição, ao longo do seu ciclo de vida. Assim, é essencial envolver a indústria da construção na busca pelo desenvolvimento sustentável.

A sustentabilidade geralmente é analisada através de três aspectos básicos: econômico, social e ambiental, os quais devem ser buscados de forma coerente. A questão da sustentabilidade na construção vincula-se à sustentabilidade em geral, incluindo os problemas de degradação dos entornos naturais, mudança do clima e efeito estufa (GAUZIN-MÜLLER, 2002).

As edificações urbanas representam uma importante parcela das emissões de gases, geração de resíduos líquidos e sólidos, bem como expressiva parte do consumo de energia e água e de utilização de solo (GAUZIN-MÜLLER, 2002). A indústria da construção consome 40% (em massa) dos materiais empregados em toda a economia global (YEANG, 2001). Outro estudo aponta que na União Européia as edificações são responsáveis por mais de 40% do consumo total de energia e que o setor da construção civil gera aproximadamente 40% dos resíduos produzidos pelo homem (CIB, 1999). Além disto, a relevância social e econômica do setor é inegável. Por exemplo, a construção civil representa quase de 10% do PIB brasileiro (ABRAMAT-FGV, 2009).

O aquecimento de água é um dos elementos importantes, sendo responsável por significativa parte da energia consumida, especialmente a energia elétrica. A geração de água quente consiste no processo de transferência de calor a partir de uma fonte energética para obtenção de água a uma dada temperatura, podendo haver reservação do volume a ser aquecido ou não (TABORIANSKI; PRADO, 2003).

Embora o aparelho aquecedor de água seja um dos componentes principais, os sistemas de aquecimento não se limitam ao aquecedor, e compõem-se também das tubulações, dos registros, das válvulas e dos acessórios. O fornecimento de água quente representa uma necessidade nas instalações de determinados aparelhos e equipamentos ou uma conveniência para melhorar as condições de conforto e de higiene em aparelhos sanitários de uso comum. Assim não se pode prescindir de água quente em instalações hospitalares e em hotéis com restaurantes e lavanderias, e não seria aceitável um prédio residencial que não fosse dotado de instalações para produção de água quente (MACINTYRE, 1996; MASCARO, 1991).

Grande parte da energia elétrica gerada no Brasil é utilizada para o aquecimento de água em chuveiros elétricos. O uso deste meio é justificado pelo custo inicial de aquisição do equipamento, menor do que o de outros sistemas, porém em geral não são levados em conta os custos de manutenção e operação, que ocorrem ao longo do ciclo de vida.

O custeio no ciclo de vida (*life cycle costs - LCC*) é um método de apuração do custo de um produto ou de um equipamento considerando toda sua vida útil. Para Boussabaine; Kirkham (2004), este método é importante porque fornece um elemento comparativo de uso geral e de fácil compreensão. O método LCC é usado para várias finalidades administrativas, tais como decisões de orçamento de investimento ou decisões sobre a fabricação de produtos de qualidade a um custo total mais baixo.

Os custos de ciclo de vida têm duas categorias: custos de produção e custos do usuário. Na categoria dos custos de produção incluem-se todos os custos do fabricante durante o ciclo de vida do produto. Na categoria de custos do usuário incluem-se os custos suportados pelo usuário para obter, usar e dispor do produto (SAKURAI, 1997).

O objetivo do trabalho é comparar os sistemas de aquecimento de água residenciais mais comuns (a gás de passagem e por chuveiro elétrico) utilizando a análise de custos no ciclo de vida (LCC). A técnica foi utilizada para examinar estes sistemas através de um estudo na cidade de Flores da Cunha, RS, identificando-se um edifício residencial típico e as condições locais.

2 ANÁLISE DOS CUSTOS NO CICLO DE VIDA

Na contabilidade de custos tradicional, o ciclo de vida de um produto ou bem ativo inclui pesquisa e desenvolvimento, planejamento, desenho e fabricação. Os custos de pesquisa e desenvolvimento são incluídos no custo do produto ou considerados como despesas fixas. No entanto, o ciclo de vida real não termina quando o produto é fabricado. O ciclo de vida do produto abrange o período de produção, montagem e uso do produto, até a data em que é descartado. Assim, inclui custos de operação, de manutenção e de descarte. O ciclo de vida real termina quando o produto ou o equipamento perde sua utilidade ou se desgasta totalmente (SAKURAI, 1997).

O custeio do ciclo de vida é importante tanto para os fabricantes como para os usuários de um produto. Tradicionalmente, os fabricantes mostram interesse nos custos de fabricação que ocorrem até o momento em que o produto é transferido ao usuário. Não demonstram preocupação com os custos incorridos pelos usuários depois que o produto ou equipamento lhes foi transferido. No entanto, a intensa concorrência de mercado atual, aliada ao avanço da tecnologia, mostra às empresas uma responsabilidade que não termina com a fabricação de um produto que obedece a determinadas características e especificações. Para ser competitivo no mercado atual, o fabricante deve oferecer um produto que, desde o início, tenha qualidade, confiabilidade e assistência, para poder otimizar o desempenho e a lucratividade do usuário (SAKURAI, 1997).

O usuário quantifica os custos importantes do ciclo de vida, incorridos durante a vida útil, geralmente através de uma análise de fluxo futuro de caixa, trazido a seu valor presente, de forma que possa ter meios de fazer a melhor seleção do bem. Esse método permite conhecer as comparações entre elementos de custos durante as fases da vida útil de um produto. Assim, o usuário pode, por exemplo, optar por um custo inicial mais alto, a fim de ter menores custos de manutenção no futuro. O custeio no ciclo de vida também é necessário quando são tomadas decisões a respeito de custos de operação e manutenção durante a vida útil de um produto. O custo no ciclo de vida é geralmente considerado nos estágios de planejamento e de projeto de um produto ou de uma parte de um equipamento. Mas o crescente interesse nos custos de descarte resultantes dos avanços da inovação tecnológica e da vida mais curta do produto leva a uma mudança de ênfase no projeto dentro do custo, na fase de projeto, para a análise do ciclo de vida, no estágio de pesquisa e desenvolvimento (SAKURAI, 1997).

No cálculo do custeio do ciclo de vida são usadas as técnicas de análise econômico-financeira, aplicando fluxos de caixas descontados e calculando o valor presente líquido das alternativas estudadas. O valor presente líquido é uma forma para determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, mais o custo do investimento inicial. Além disto, é importante ressaltar que a LCC é apenas parte da análise de ciclo de vida (ACV), que é muito mais ampla (BOUSSABAIN; KIRKHAM, 2004).

3 METODOLOGIA

3.1 Delimitação da análise realizada

A metodologia para análise dos custos dos sistemas de aquecimento de água foi baseada na avaliação dos custos no ciclo de vida (LCC). O primeiro aspecto que deve ser observado nesse estudo é que o tipo de sistema e a quantidade de material empregada em um sistema de aquecimento de água variam conforme o tipo de habitação adotado. Por um lado, de acordo com o projeto arquitetônico, pode-se optar por alguns tipos de sistemas de aquecimento dentre os existentes, sendo que fatores sociais, econômicos ou mesmo climáticos, têm papel fundamental na escolha do sistema de aquecimento de água a ser empregado. Por outro lado, conforme a distribuição arquitetônica tem-se disposições diferentes para a tubulação e o emprego de diferentes acessórios hidráulicos. Desse modo, um estudo comparativo entre as tipologias de aquecimento de água exige a adoção de um mesmo modelo arquitetônico para os dois sistemas. Além disso, a mudança dos sistemas de aquecimento requer modificações não só nas instalações hidráulicas, mas também nas instalações elétricas da habitação adotada, que também deve ser considerada.

Nesta análise, conforme Figura 1, foram considerados os custos no ciclo de vida dos sistemas de aquecimento de água, incluindo-se os custos de instalação, operação e manutenção. Os custos de descarte não foram considerados.

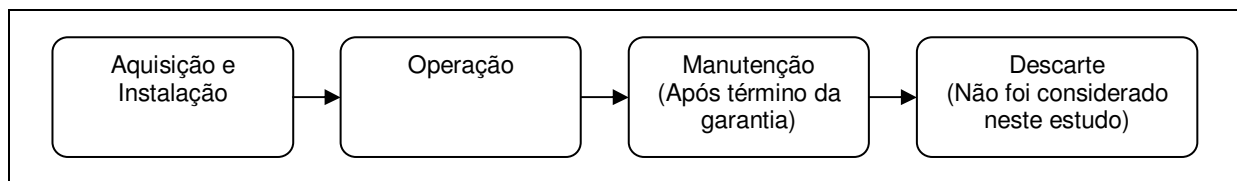


Figura 1: Custos no ciclo de vida dos sistemas de aquecimento de água

Para se analisar os custos do usuário de aquisição e instalação, foram consideradas as modificações que se fazem necessárias devido à substituição dos sistemas de aquecimento de água escolhidos. Os custos de operação e manutenção foram baseados em dados pesquisados na cidade de Flores da Cunha, RS.

A escolha dos aparelhos foi feita através de pesquisa, verificando-se quais eram os sistemas mais comercializados em Flores da Cunha. Os sistemas foram escolhidos devido ao vínculo com a realidade e com os costumes locais. Nesse trabalho foram considerados como aquecedores de água o chuveiro elétrico e o aquecedor a gás de passagem. Definiu-se que, no caso do chuveiro elétrico, o sistema seria individual e no caso do gás foi considerado o consumo de uso da água quente apenas para banho, para facilitar a comparação. De um lado, optou-se pelo aquecedor a gás mais simples e barato, com vazão de 9 litros/min; de outro, optou-se pelo chuveiro elétrico de 5,5 kW. Estes sistemas não disponibilizam a mesma quantidade de água quente, nem são comparáveis em termos de energia útil, mas são as opções típicas oferecidas aos usuários comuns (não-técnicos), e por isto foram escolhidos para esta comparação.

Não foi considerado o valor para o usuário (maior conforto/vazão de água quente), nem o provável aumento da duração do banho (ou seja, à medida em que o usuário se acostuma ao conforto proporcionado, o tempo de uso do sistema a gás provavelmente será significativamente superior ao do sistema elétrico). Ademais, não foram considerados para este estudo aspectos mais gerais, como a emissão de poluentes de ambos os sistemas, ou as implicações devidas à forma de geração e transmissão da energia empregada nos processos.

3.1.1 Sistema de aquecimento de água por chuveiros elétricos

O chuveiro elétrico é um aparelho revestido de material metálico ou de plástico. Dentro do chuveiro tem-se uma resistência elétrica que é ligada automaticamente pelo próprio fluxo de água. O usuário pode alterar a temperatura do jato de água por meio de uma chave situada no topo do chuveiro que, dependendo do modelo, possui várias posições, as quais regulam a resistência do mesmo. O aquecimento se realiza pelo calor dissipado pela passagem de uma corrente elétrica em um condutor com uma dada resistência.

Ao se utilizar um chuveiro elétrico como aparelho aquecedor de água para banho, há um grande aumento na potência de energia demandada pela habitação. Desse modo, pode haver necessidade de fornecimento bifásico e utilização de diâmetros maiores para o cabo de cobre para isolação, para o condutor terra, na entrada de energia, e para os eletrodutos. Além disso, pode ser necessário prever um circuito para abastecer o chuveiro elétrico.

3.1.2 Sistema de aquecimento de água por aquecedores a gás

Segundo Taborianski; Prado (2003), os aquecedores de água são classificados quanto ao princípio de funcionamento em:

- a) Aquecedores a gás de passagem : no aquecimento instantâneo, a gás combustível, a água aumenta sua temperatura, por condução, à medida que passa pela serpentina de cobre, sem requerer acumulação;
- b) Aquecedores a gás de acumulação: esse tipo de aquecedor deve ser recomendado quando se deseja utilizar água quente em mais de um ponto de consumo simultaneamente. Desse modo, torna-se necessário reservar o volume de água a ser aquecido para posterior uso.

Outra característica do projeto do sistema por aquecedor a gás foi o uso de tubos de PPR para a tubulação de água quente. Foram utilizadas tubulações metálicas apenas para a distribuição do gás até o aparelho.

3.2 Dimensionamento do consumo - Estudo de caso

O estudo considera um imóvel de bom padrão, que se encaixa nas necessidades da classe média da região, de tamanho conforme a necessidade das famílias de três pessoas, dois adultos e uma criança, que em questão de consumo de água quente possuem a mesma cota diária. Esse tipo de imóvel é bastante procurado para compra e também para locação, na cidade de Flores da Cunha, Rio Grande do Sul.

O projeto arquitetônico do apartamento residencial escolhido foi fornecido pela empresa responsável pela execução do mesmo, já os projetos hidráulicos e elétricos foram simulados a partir das mudanças necessárias em função da seleção do tipo de sistema de aquecimento de água.

Em termos gerais, Taborianski; Prado (2003) define que a solicitação sobre o sistema de geração de água quente é determinada, de um lado, pelos usuários e consubstanciada no perfil de consumo, através de uma vazão de suprimento e seu correspondente volume de armazenamento requerido e, por outro lado, pelas características da vazão e armazenamento oferecidos pelo sistema de geração de água quente. Para esses autores, um dos principais requisitos de desempenho dos sistemas prediais de água quente é a existência de água na quantidade e temperatura adequadas ao uso, em todos os pontos de utilização sempre que necessário, o que deve ser garantido tendo-se em vista uma minimização dos custos envolvidos. Além disso, o autor afirma que para um mesmo nível de satisfação de um determinado usuário, a vazão unitária de água quente apresenta-se variável em função de sua temperatura, sendo tanto mais alta aquela, quanto menor for esta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são comparados os dois sistemas de aquecimento. Os custos totais (CTot) podem ser calculados somando os custos de aquisição (CAq), de instalação (CInst), de operação (COp), de manutenção (CMan) e de descarte (CDesc), como segue (Equação 1):

$$CTot = CAq + CInst + COp + CMan + CDesc \quad (1)$$

Os custos de descarte não foram considerados, por não existirem, ao momento, destinações adequadas, ou seja, nos dois casos o descarte seria feito como resíduos sólidos domésticos.

4.1 Custos de aquisição e instalação

A partir dos projetos hidráulicos e elétricos, elaborados para o imóvel típico na cidade de Flores da Cunha, foram calculados os quantitativos de materiais a serem utilizados para a instalação de cada sistema de aquecimento e foram verificados os custos, incluindo a mão de obra especializada local. Os orçamentos são característicos da cidade, assim como os sistemas de aquecimento escolhidos.

O aquecedor a gás escolhido é um aparelho com capacidade para aquecimento de 9 litros/min, com potência nominal de 11 kW, rendimento de 80%, com consumo de 1 kg de gás por hora no inverno e 0,5 kg de gás por hora no verão. Considerando o clima local, especificou-se 50% do tempo para cada situação, resultando em consumo médio anual de 0,75kg de gás por hora. Ainda foi considerada uma perda de temperatura na tubulação de 10%. Também foram considerados nos custos de instalação do sistema de aquecimento a gás a tubulação de exaustão de gases, a mão-de-obra especializada do técnico autorizado para instalação do aquecedor, a tubulação de água quente com registros e misturador, e também a ligação de gás no aquecedor (Figura 2).

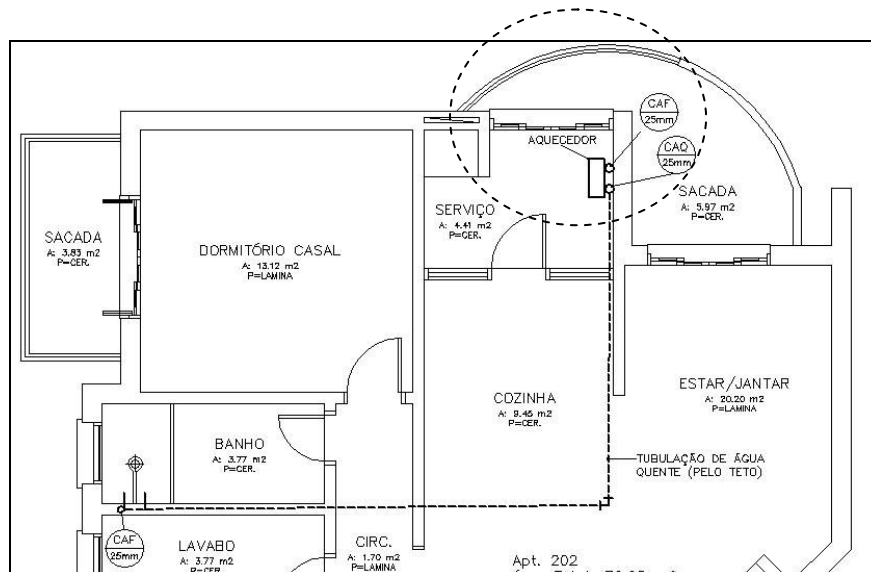


Figura 2 - Sistema de aquecimento de água a gás em planta (sem escala)

Para o sistema elétrico, foi considerado um aparelho com potência nominal de 5,5 kWh (ciclo de inverno) e média de 3,2 kWh (ciclo de verão), com capacidade de aquecimento médio de 9 litros/min (de 8 a 10 litros/min), com 95% de eficiência. Neste caso também foi considerado um ciclo anual de 50% na potência de inverno e 50% na potência de verão. O sistema elétrico inclui eletroduto, conexão, aterramento, disjuntor e fiação, além da mão de obra necessária, dimensionados para uma potência máxima de 6,5 kWh (Figura 3).

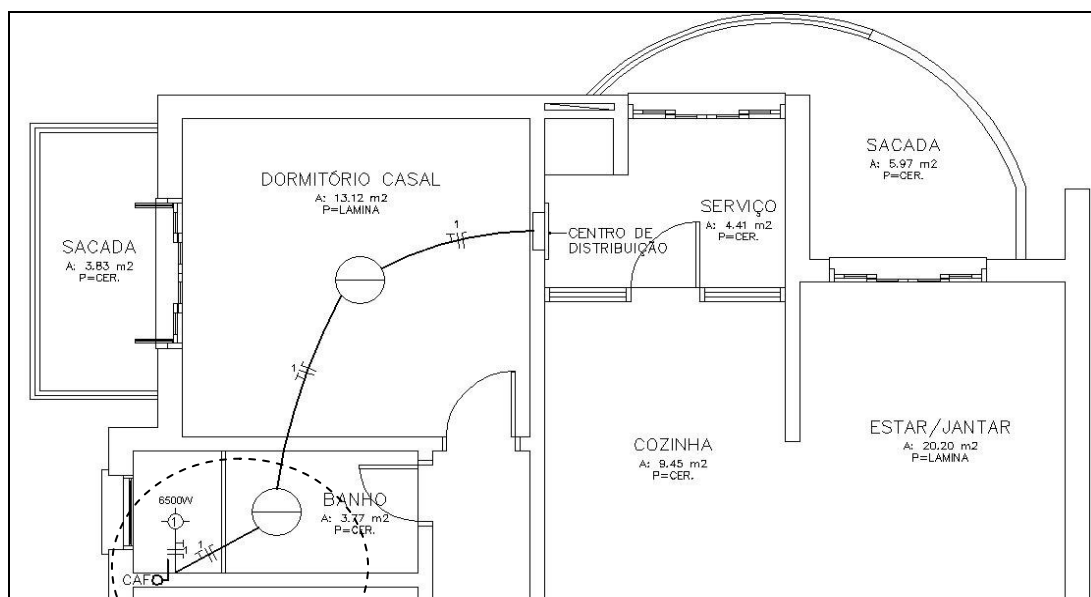


Figura 3 - Sistema de aquecimento de água por chuveiro elétrico (sem escala)

4.2 Custos de operação e manutenção

Para se avaliar os custos de operação e de manutenção dos sistemas de aquecimento de água analisados neste trabalho, foram levantados dados na cidade de Flores da Cunha de valores de comercialização de energia elétrica em R\$/kWh e de gás liquefeito de petróleo (GLP) em R\$/kg, considerando botijão de 45kg, típico em edifícios residenciais com instalação coletiva (e que tem custo superior unitário ao do botijão P-13).

Comparando-se esses valores com os dados técnicos dos sistemas fornecidos pelo fabricante, e com a estimativa de consumo aproximado diário de água quente para banho, em litros por dia por pessoa, chegou-se a um valor de consumo por tempo de cada aparelho.

A manutenção do sistema elétrico é simples, consistindo na substituição anual da resistência. Para o sistema de aquecimento de água a gás, levou-se em conta a limpeza periódica recomendada pelo fabricante e o custo de aquisição e instalação. Para este estudo, foi definido um período de manutenção de quatro anos.

4.3 Análise Econômica

A análise econômica dos sistemas de aquecimento considerou a vida útil fornecida pelos fabricantes dos equipamentos. Para o aquecedor a gás usou-se vida útil de 20 anos e para o chuveiro elétrico vida útil de quatro anos. Para permitir a comparação direta, o ciclo do aquecedor elétrico foi repetido cinco vezes. Os demais componentes do sistema, tais como tubulações, registros e acessórios, foram considerados com uma vida útil de 20 anos.

a) Sistema a gás

Custo de aquisição e instalação do sistema:

- Vida útil do aquecedor: 20 anos – 7.300 dias
 - Custo do equipamento com instalação = R\$ 850,00
 - Custo da tubulação individual para água quente – tubos, componentes, registros, misturador = R\$ 250,00
 - Vida útil tubulações, acessórios e demais componentes do sistema: 20 anos – 7.300 dias
- $$CAq + CInst = 850,00 + 250,00 = \mathbf{R\$ 1.100,00}$$

Custo de operação:

- Tempo de funcionamento devido ao consumo médio diário de água quente para banho de 3 pessoas: 10 min + 2 min para a água quente chegar ao ponto de uso e ajuste de temperatura = 36 min/dia; então: 7.300 dias x 36 minutos = 262.800 min = 4.380 horas
- Consumo do aparelho: 0,75 kg/h
- Custo do GLP em Flores da Cunha = R\$ 2,95/kg
- $COp = 4.380 \times 0,75 \times 2,95 = \mathbf{R\$ 9.690,75}$

Custo de manutenção:

- Ciclo de 4 anos, iniciando no 5º ano
 - Custo da limpeza periódica = R\$100,00
- $$CMan = R\$ 100,00 \times 4 = \mathbf{R\$400,00}$$

$CDesc = 0$

$$CTot = CAq + CInst + COp + CMan + CDesc = 1.100,00 + 9.690,75 + 400,00 = \mathbf{R\$ 11.190,75}$$

b) Sistema elétrico

Custo de aquisição e instalação do sistema:

- Aparelho - potência máxima de 5,5kWh = R\$ 50,00 com instalação do chuveiro
 - Vida útil chuveiro elétrico: 4 anos – cinco ciclos de 1.460 dias
 - Instalação elétrica específica = R\$ 100,00
 - Vida útil tubulações, acessórios e demais componentes do sistema: 20 anos – 7.300 dias
- $$CAq + CInst = R\$ 100,00 + 5 \times 50,00 = \mathbf{R\$ 350,00}$$

Custo de operação:

- Tempo de funcionamento devido ao consumo médio diário de água quente para banho de 3 pessoas: 10 min x 3 = 30 min/dia; então: 7.300 dias x 30 minutos = 219.000min = 3.650 horas
- Custo da energia elétrica em Flores da Cunha = R\$ 0,519150/kWh

– considerando 50% do uso em ciclo de “inverno” (5,5 kWh) e 50% em ciclo de “verão (3,2 kWh):

$$COp = (1.825h \times 5,5kWh + 1.825h \times 3,2kWh) \times R\$ 0,519150/kWh = \mathbf{R\$ 8.242,80}$$

Custo de manutenção:

- Ciclo anual, do segundo ano em diante

- Custo da limpeza e substituição de resistência = R\$10,00

$$CMan = R\$ 10 \times 19 = \mathbf{R\$ 190,00}$$

$$CDesc = 0$$

$$CTot = CAq + CInst + COp + CMan + CDesc = 350,00 + 8.242,80 + 190,00 = \mathbf{R\$ 8.792,80}$$

Assim, o sistema elétrico tem custo total inferior, de R\$ 8,8 mil contra R\$ 11,2 mil do sistema à gás.

4.4 Análise Financeira

Para a análise financeira dos custos no ciclo de vida dos sistemas de aquecimento de água, utilizaram-se os dados já apresentados na realização da análise econômica, porém agora descontados a uma taxa de juros $i = 10\%$ ao ano, para se chegar ao valor presente líquido (VPL) de ambos os sistemas. Os resultados da análise podem ser visualizados na Tabela 1, para sistema de aquecimento a gás e sistema de chuveiro elétrico.

Pode-se concluir que, considerando momento do ciclo de vida em que ocorrem os custos, e o impacto do custo financeiro sobre eles, o sistema à gás é cerca de R\$ 2,1 mil mais caro, ao contrário do que o senso comum indica, ou seja, é 30% mais dispendioso do que o sistema elétrico, do ponto de vista do consumidor.

Tabela 1: Análise dos custos no ciclo de vida – Valor Presente Líquido dos dois sistemas de aquecimento considerados

ano	Gás		Elétrico	
	custo	custo descontado	custo	custo descontado
0	1584,54	1584,54	562,14	562,14
1	484,54	452,09	422,14	393,87
2	484,54	434,13	422,14	378,22
3	484,54	421,81	422,14	367,49
4	584,54	497,64	472,14	401,95
5	484,54	405,05	422,14	352,89
6	484,54	398,86	422,14	347,49
7	484,54	393,57	422,14	342,88
8	584,54	469,23	472,14	379,01
9	484,54	384,88	422,14	335,32
10	484,54	381,23	422,14	332,14
11	484,54	377,93	422,14	329,26
12	584,54	452,29	472,14	365,32
13	484,54	372,15	422,14	324,22
14	484,54	369,59	422,14	321,99
15	484,54	367,21	422,14	319,92
16	584,54	440,32	472,14	355,65
17	484,54	362,91	422,14	316,18
18	484,54	360,95	422,14	314,47
19	484,54	359,11	422,14	312,86
Totais (R\$)	11.190,75	9.285,49	8.782,80	7.153,29

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte da diferença dos sistemas deve-se ao custo inicial, para aquisição dos equipamentos e dos acessórios (tubulação e outros). O sistema de aquecimento a gás apresenta um VPL maior do que o chuveiro elétrico, por ter seu custo de investimento inicial elevado. Mesmo com um custo de operação e manutenção menor, o sistema de aquecimento a gás, durante um ciclo de vida útil de vinte anos, desconsiderando a possível vida útil superior de alguns componentes do sistema, e até mesmo de algumas partes do aquecedor, apresenta um custo, em valor presente, de R\$ 9,3 mil contra R\$ 7,1 mil, sendo o sistema a gás cerca de 30% mais caro do que o sistema de aquecimento por chuveiro elétrico, considerando o CV.

É importante relembrar que o critério de comparação adotado foi o da oferta de equipamentos típicos no mercado. Estes sistemas não disponibilizam a mesma quantidade de água quente, nem são comparáveis em termos de energia útil, mas são as opções típicas oferecidas aos usuários comuns (não-técnicos).

Além disto, o aquecedor de água a gás, por proporcionar maior conforto ao usuário, tem uma tendência de maior consumo de água. Essa tendência pode ser apontada como uma desvantagem econômica do aquecedor a gás em relação ao chuveiro elétrico, por estimular um banho mais demorado, aumentando a quantidade de água e de energia utilizadas. O fato de o aquecedor estar instalado a uma distância razoável do banheiro também pode ser apontado como uma desvantagem, pois como não há isolamento da tubulação, haverá desperdício da água fria contida na tubulação em todas as utilizações do sistema.

Neste estudo foram obtidos resultados diferentes da visão geral tanto de fabricantes como dos usuários desses sistemas. Percebeu-se a versatilidade da técnica utilizada, a análise de custos no ciclo de vida. A tendência é que cada vez mais se utilize o método de custeio no ciclo de vida (LCC) em análises de produtos em geral e nos empregados na indústria da construção civil, e também como ferramenta de apoio aos projetos e processos desenvolvidos na área.

6 REFERÊNCIAS

- ABRAMAT (Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção); FGV (Fundação Getúlio Vargas). **Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais**. São Paulo, Rio de Janeiro: ABRAMAT/FGV, 2009.
- BOUSSABAIN, H.A.; KIRKHAM, R.J. **Whole Life – cycle costing, risk and risk responses**. Oxford: Blackwell, 2004.
- CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction). Agenda 21 on Sustainable Construction. **CIB Report Publication n.237**. Rotterdam: CIB, 1999.
- GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitetura ecológica**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.
- MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**, 3ed. Rio de Janeiro, LTC, 1996.
- MASCARÓ, L. R. de. **Energia na edificação : Estratégia para minimizar seu consumo**. 2ed. São Paulo: Projeto, 1991.
- SAKURAI, M. **Gerenciamento integrado de custos**, São Paulo, Editora Atlas, 1997.
- TABORIANSKI, V. M.; PRADO, R. T. A. Avaliação da contribuição das tipologias de aquecimento de água residencial para a variação dos balanços de gases de efeito estufa na atmosfera. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - BT/PCC/333**. São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2003.
- YEANG, K. **El rascacielos ecológico**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq (bolsa de produtividade do segundo autor).