



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Educação a Distância da UFSM – EAD

Universidade Aberta do Brasil – UAB

Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos

Produtivos

Polo: Quaraí

SISTEMAS ALTERNATIVOS DE AQUECIMENTO SOLAR PARA ÁGUA DO BANHO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

THOMAZ, Natalia

Orientadora: Giane de Campos Grigoletti

RESUMO

As edificações são responsáveis por quase metade do consumo de energia elétrica no país, sendo que o setor residencial é o responsável pela maior parcela do consumo de energia, totalizando 23,3% do consumo total.

Diante da importância em reduzir o consumo energético nos dias atuais, essa pesquisa irá abordar o tema aquecimento solar para água de banho, enfatizando sistemas alternativos, que não necessitam de grande investimento financeiro, e que tenham como objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e buscar a economia financeira. Tendo em vista que o maior consumo de energia de uma residência está relacionado com o chuveiro elétrico, e que o uso da energia elétrica deve ser diminuído, justifica-se a importância da utilização de um sistema para aquecimento da água que utilize outra fonte de energia (que não a elétrica) e que alcance o mesmo objetivo: aquecer a água para o banho.

A metodologia utilizada para elaboração desse trabalho foi uma pesquisa bibliográfica sobre os sistemas de aquecimento de água, focando nos sistemas alternativos, para então, ser realizado um comparativo entre sistemas convencionais e os alternativos, verificando a viabilidade dos sistemas alternativos.

Através desse trabalho foi possível concluir que é viável a utilização de sistemas alternativos, perante os materiais utilizados, o custo inicial e a manutenção. Esses sistemas de aquecimento alternativos são boas soluções para racionalizar o uso da

energia elétrica, e são capazes de atender as necessidades dos usuários (aquecendo a água para o banho) e sem necessitar de grande investimento financeiro.

Palavras-chave: água de banho, eficiência energética, aquecedor solar de baixo custo.

ABSTRACT

Buildings are responsible for almost half of the electricity consumption in Brazil, wherein the residential sector is responsible for the most energy consumption, amounting to 23.3% of total consumption.

Due to the importance of reducing energy consumption today, this research will address the theme for solar heating waterbath, emphasizing alternative systems that do not require large financial investment, and that aim to reduce consumption of electricity and seek the financial economy. Since the higher power consumption of a residence is related to the electric shower and that the use of electricity should be reduced, it justifies the importance of using a system to heat the water different of electricity and reach the same goal: to heat water for bathing.

The methodology used is a bibliographic research on systems for heating water, focusing on alternative systems, and then, making a comparison between conventional systems and alternative systems verifying their feasibility.

Through this work, it was possible to conclude that it is feasible to use alternative systems, regarding the materials used, the initial cost and maintenance. These systems are good alternative heating solutions to streamline electricity, and are able to meet the needs of users (heating water for bathing) and without requiring big financial investments.

Keywords: waterbath, energy efficiency, low cost solar heater.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2014), com dados relativos a 2013, a maior parte da matriz energética brasileira provém de fontes renováveis, que são as hidrelétricas, a eólica e a biomassa, porém os combustíveis fósseis ainda são bastante utilizados, conforme mostra a figura 1.

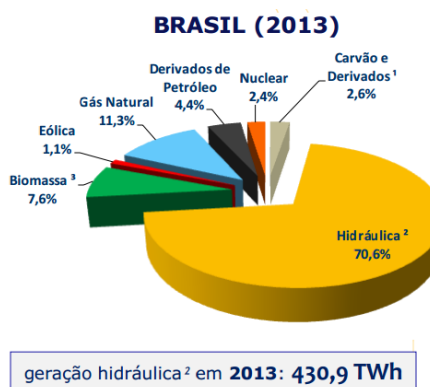


Figura 1- Matriz Elétrica Brasileira
Fonte: EPE (2014)

As edificações são responsáveis 46,7% do consumo de energia elétrica no país (ver figura 2). O setor das edificações foi dividido em residencial, comercial e público, e, dentro dessa divisão, o setor residencial é o responsável pelo maior consumo de energia, totalizando 23,3% do consumo total (LAMBERTS et al., 2013).

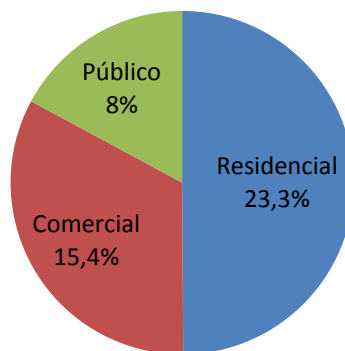


Figura 2 - Gráfico do consumo de energia elétrica em edificações no Brasil em 2012

Fonte: Adaptado de Lamberts et al (2013, p.16)

Cada setor citado acima possui um responsável por consumir mais energia, o que pode ser visto na figura 3. Por exemplo, nas indústrias, as máquinas e motores são

os que mais consomem. No setor residencial, segundo Lamberts et al (2013), a maior parte do consumo destina-se para geladeiras, chuveiros, lâmpadas e ar condicionado, sendo que, entre esses, um dos maiores consumidores é o chuveiro elétrico.

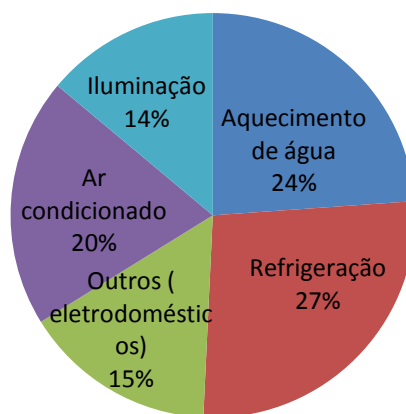


Figura 3 - Consumo por uso final em residências, baseada em Eletrobras
Fonte: Adaptado de Lamberts et al (2013, p.17)

Quando se fala em economia de energia, sustentabilidade e eficiência energética, existem muitas tecnologias que podem ser incorporadas às edificações para diminuir o consumo energético e ainda proporcionar conforto aos usuários.

Portanto, quando se projeta uma edificação, onde o recurso financeiro é restrito, podem ser analisados os pontos de maior consumo de energia na edificação e utilizar técnicas e sistemas que contribuem para diminuir a energia utilizada nesse ponto. No setor residencial, para a região sul, um dos sistemas que mais consome energia é o chuveiro elétrico. Sendo assim, se for utilizado um sistema energeticamente eficiente para aquecer a água para o banho, o consumo de energia elétrica sofrerá uma redução tanto maior quanto maior for a eficiência do sistema adotado, contribuindo para o meio ambiente, bem como reduzindo os gastos financeiros.

Segundo Ching (2010), a maior parte do consumo de energia da indústria da edificação não é atribuída à produção de materiais ou ao processo de construção, e sim aos processos operacionais, portanto, para reduzir o consumo energético é necessário

implantar e configurar edificações adequadamente, bem como incorporar aquecimento, refrigeração, ventilação e estratégias de iluminação naturais.

Diante da importância em reduzir o consumo energético nos dias atuais, essa pesquisa irá abordar o tema aquecimento solar para água de banho, enfatizando sistemas alternativos, que não necessitam de grande investimento financeiro, e que tenham como objetivo reduzir o consumo de energia elétrica, bem como as emissões de gás carbônico e ainda buscar a economia financeira. Tendo em vista que o maior consumo de energia de uma residência está relacionado com o chuveiro elétrico, e que o uso da energia elétrica deve ser diminuído, justifica-se a importância da utilização de um sistema para aquecimento da água que utilize outra fonte de energia (que não a elétrica) e que alcance o mesmo objetivo: aquecer a água para o banho.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar e comparar dois sistemas de aquecimento solar de baixo custo que usam materiais descartáveis no que diz respeito à facilidade de instalação, materiais necessários para a montagem, durabilidade e eficiência no aquecimento da água.

2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar tipos convencionais de aquecimento de água (elétrico, a gás e solar), focando nos sistemas que utilizam uma energia alternativa para o aquecimento da água.

- Pesquisar sistemas alternativos que utilizam energia solar para o aquecimento de água, com baixo custo de instalação já apresentados por bibliografia científica.
- Comparar sistemas convencionais com sistemas alternativos perante a mão de obra para confecção do sistema, facilidade de instalação, requisitos para utilização do sistema e eficiência no aquecimento.
- Verificar a viabilidade da utilização de um sistema de aquecimento solar alternativo perante um sistema convencional.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sistemas convencionais de aquecimento de água para residências

Uma edificação deve proporcionar conforto ao seu usuário e paralelamente ser sustentável e energeticamente eficiente. Essas duas funções são independentes uma da outra, mas devem acontecer sempre juntas: não adianta uma residência, por exemplo, oferecer todo o conforto térmico ao morador à custa de alto consumo de energia. O conforto deve ser oferecido, sempre que possível, através do aquecimento ou resfriamento natural e ter somente como apoio o sistema artificial.

Em busca do melhor conforto dos usuários, cada vez mais surgem sistemas novos. Quando se fala em aquecimento de água, existem alguns sistemas que podem ser utilizados. Segundo Lafay (2005), os sistemas de aquecimento de água diferem entre si sob diferentes aspectos, sendo os principais os custos de implantação, custo de operação e atendimento ao perfil de consumo, sendo que, o chuveiro elétrico é o que apresenta menor custo de implantação, seguido dos aquecedores a gás de passagem, aquecedores elétricos de acumulação, aquecedores a gás de acumulação e, por último, o aquecedor de energia solar.

Lamberts et al. (2013) cita alguns tipos de aquecimento de água como os mais utilizados: o chuveiro elétrico; o aquecedor elétrico de passagem; o aquecedor elétrico

de acumulação; o aquecedor a gás de passagem; o aquecedor a gás de acumulação; o aquecedor solar.

3.1.1 Sistema de aquecimento elétrico

Um sistema de aquecimento elétrico pode ser de passagem ou de acumulação. Os aquecedores de passagem são os mais comuns, como, por exemplo, chuveiro e torneira elétrica. A água é aquecida diretamente no ponto de consumo, o que torna o sistema menos vantajoso, pois, em dias mais frios, a água pode não estar tão aquecida quanto necessário. A vantagem desse sistema é o custo baixo, facilidade de instalação e não necessitar de tubulação especial (FORTE; MARCONDES, 2011).

Os sistemas de aquecedores elétricos de acumulação são chamados de *boilers* e são reservatórios de água quente, geralmente constituído de um tanque, construído em chapa metálica, revestido externamente por camadas de material de baixa condutibilidade térmica (MARQUES, 2006).

A desvantagem do *boiler* é que ele utiliza uma menor quantidade de calor por unidade de tempo para aquecer a água, demandando, portanto maior tempo de aquecimento (RAIMO, 2007).



Figura 4 - *Boiler*
Fonte: Marques, 2006

3.1.2 Sistema de aquecimento a gás

Utiliza como fonte térmica o gás liquefeito de petróleo (GLP), geralmente usado em utilizações domésticas, ou o gás natural, usado também em aplicações domésticas, mas tendo como principal aplicação o meio industrial (MARQUES, 2006).

Os aquecedores de passagem a gás são equipamentos que possuem um queimador interno que é acionado pela passagem de água fria. A água segue pela serpentina por toda a câmara de combustão onde a água aumenta sua temperatura por ganhar calor do queimador. A água quente é fornecida instantaneamente quando acionado o aquecedor (RINNAI BRASIL, 2014).

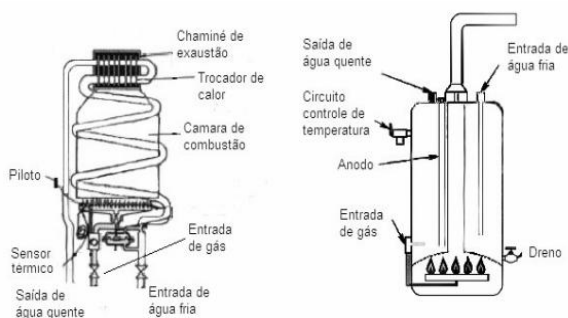


Figura 5 - Aquecedor de passagem e aquecedor de acumulação
Fonte: Raimo (2007)

Os aquecedores de água por acumulação, como o próprio nome já diz, acumulam a água aquecida, o que permite atender diversos pontos de consumo, ou um ponto de grande demanda, como uma banheira. Esse tipo de aquecedor requer um espaço muito maior do que um aquecedor de passagem (FORTE; MARCONDES, 2011).

3.1.3 Sistema de aquecimento solar

Segundo Marques (2006), o sistema de aquecimento solar utiliza a radiação solar como fonte térmica e em casos de ausência da fonte solar durante muito tempo, utiliza-se um sistema elétrico auxiliar, sendo geralmente usado em utilizações domésticas, e não industriais, devido à dificuldade de se gerar altas potências em virtude da grande dimensão dos painéis necessários para este fim.

O Brasil possui potencial para utilizar, em larga escala, a energia do sol para aquecimento de água nas residências. O país apresenta valores de irradiação solar global incidente entre 4.200 a 6.700 kWh/m², que são bem superiores quando comparadas com alguns países que já possuem incentivos fiscais para disseminação dos sistemas de aquecimento solar como Alemanha e França (SATEL-LIGHT apud MIYAZATO, 2012).

Devido ao Brasil ser favorecido quanto às horas de irradiação solar por dia, a utilização de um sistema de apoio, que geralmente é o chuveiro elétrico, torna-se pouco necessária. Segundo Oliveira, esse sistema possui algumas vantagens como:

- ser abundante e gratuita;
- é uma energia limpa, pois a geração, a captação, a transformação e o aproveitamento não envolvem nenhum tipo de poluição;
- fácil instalação;
- mínima manutenção;
- longa vida útil.

Para a instalação de um sistema de aquecimento são necessários alguns requisitos na edificação (tubulação especial, pressão da água) o que muitas vezes torna o custo inicial mais elevado. A Figura 6, apresentada a seguir, representa os sistemas citados acima, ilustrando cada tipo de sistema de aquecimento de água em uma residência.

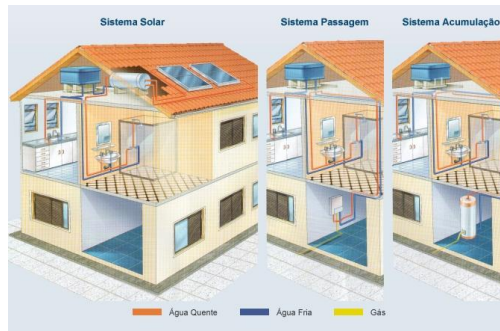


Figura 6 - Sistemas de aquecimento de água
Fonte: Massano, 2014

3.1.3.1 Sistema de aquecimento solar com coletor solar plano (sistema convencional de aquecimento)

O coletor solar é componente mais importante do sistema de aquecimento solar, pois é responsável pela conversão da energia solar em energia térmica. Portanto, um dos fatores mais críticos para o bom funcionamento de um sistema é a qualidade dos coletores solares empregados (SOUZA; MIRANDA; SILVA, 2010).

Segundo Fraidenraich (2002) o coletor solar plano é conhecido como o equipamento mais popular da tecnologia solar.

Um coletor solar pode ser dividido em duas partes: absorvedor e gabinete. O absorvedor é responsável pela recepção, conversão e transferência da energia solar para o fluido de trabalho. É geralmente construído de tubos e chapas (conjunto de aletas metálicas pintadas de preto fosco) de material condutor para melhor desempenho do sistema. O material mais empregado na construção é o cobre devido a sua ótima condutividade térmica, resistência à corrosão e facilidade de manuseio. Já o gabinete, tem a função de isolar o absorvedor do meio ambiente, garantindo que as variações atmosféricas não afetem a conversão de energia solar em energia térmica (SOUZA; MIRANDA; SILVA, 2010).

Segundo Costa (2002), os painéis planos são considerados equipamentos simples do ponto de vista de fabricação, e convertem a radiação solar em calor

transferindo esta energia para a água. A placa absorvedora é a própria superfície que recebe radiação. Os coletores solares planos podem ser fechados ou abertos (conforme a figura 7): os coletores fechados são utilizados para aquecer água a temperaturas em torno de 60°C e os coletores abertos operarem com temperaturas variando entre 28 e 30°C (COSTA, 2002).

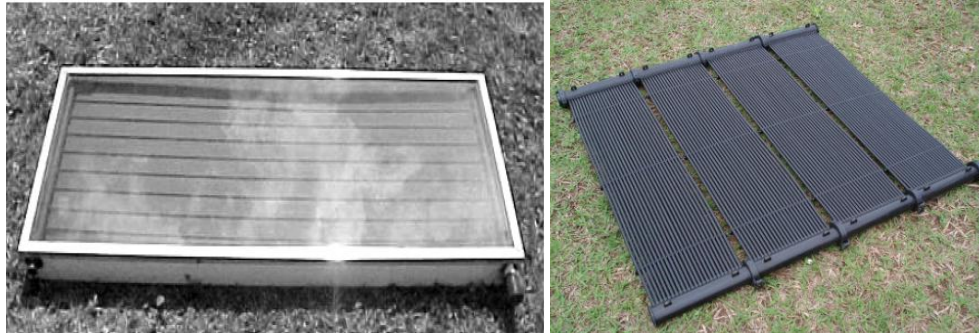


Figura 7 - Coletor solar fechado e aberto
Fonte: Costa, 2002

Costa (2002) realizou um estudo a fim de analisar um coletor solar para sistema doméstico de aquecimento de água. O coletor analisado é fabricado de material plástico de polietileno de alta densidade em chapa plana, de cor preta. Segundo o autor, os coletores que possuem cobertura de vidro e isolamento possuem um melhor rendimento, pois a cobertura limita a ação do vento. Através do estudo foi possível concluir que devido a alta sensibilidade dos coletores sem cobertura, quando comparados com os coletores com cobertura, apresenta-se um comportamento bem diferenciado em termos de desempenho para localidades de moderada variabilidade sazonal em relação a localidades de grande variabilidade sazonal. Portanto, para localidades com muita variação do clima, que é o caso do nosso estado, os coletores sem cobertura são viáveis somente no verão, e com uma inclinação inferior ao da latitude do local.

Russi (2012) analisou um coletor solar fechado plano e verificou que nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março a temperatura da água ultrapassa os 35°C,

portanto nesses meses a demanda de água quente é suprida sem o uso de energia elétrica, somente com o sistema de aquecimento. No mês de julho, quando a radiação solar é bastante limitada, constatou-se que a temperatura de aproximadamente 19°C passou para 24,5°C, resultando num incremento de 5,5°C. Embora o sistema de aquecimento de água não tenha atingido os valores necessários para banho, o sistema de aquecimento solar servirá para diminuir o consumo total de energia elétrica, sendo que, a temperatura final da água pode ser atingida com o uso de um sistema auxiliar de aquecimento (RUSSI, 2012).

3.1.3.1.1 Instalação

Os sistemas de aquecimento solar convencional necessitam de tubulação especial para água quente, o que aumenta o custo do sistema. A Soletrol, empresa de aquecedores solares, desenvolveu o Registro Misturador Solar Soletrol (apresentado na figura 8), que se trata de um misturador de água quente que não necessita quebrar a parede existente e nem ter tubulação especial. Esse misturador pode ser utilizado em residências já existentes, ou em novas edificações, e também quando se tem o chuveiro elétrico como sistema de apoio, ou não (SOLETROL, 2014).



Figura 8 - Registro Misturador Solar
Fonte: Soletrol, 2014

Para a instalação do misturador é necessário apenas acoplar o registro misturador no tubo do chuveiro ou ducha e fazer um furo de 15 mm na laje ou forro para passagem do tubo de água quente. Na figura 9, é apresentado a instalação do misturador, deixando o chuveiro elétrico como sistema de apoio (SOLETROL, 2014).

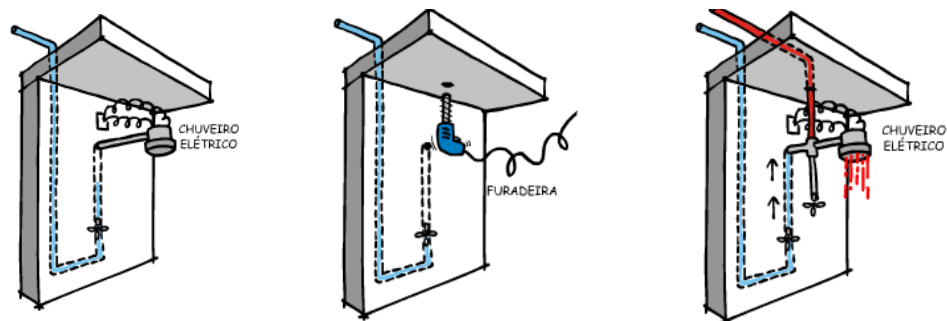


Figura 9 - Instalação do Registro Misturador Solar

Fonte: Soletrol, 2014

A instalação do sistema completo de aquecimento solar pode ser feita por qualquer pessoa que tenha alguma experiência em instalações hidráulicas, dispensando a necessidade de uma mão de obra especializada e mais cara (SOLETROL, 2014).

A durabilidade dos aquecedores solares é uma grande vantagem, segundo a Soletrol a vida útil estimada dos aquecedores solares é de 20 anos.

Através de um levantamento de preços, verificou-se que, o custo de um sistema compacto de aquecimento solar, com capacidade de armazenamento de 200 litros de água quente, com coletor solar de 2m², fica em torno de R\$1900,00 (valor apenas do produto, sem instalação), e o custo do registro misturador é aproximadamente R\$ 160,00.

3.1.3.2 Sistema de aquecimento solar com tubos a vácuo (sistema convencional de aquecimento)

Os aquecedores com coletores de tubos a vácuo são ainda pouco conhecidos no Brasil, porém são muito usados na China e Europa, por sua maior capacidade de permitir o aquecimento mesmo em dias nublados (radiação difusa), quando comparados com os coletores planos (GOERCK apud NEVES, 2013). Esse tipo de coletor solar, com tubo evacuado, possui tecnologia mais sofisticada, diferindo dos de placa plana pelo uso do vácuo como isolante térmico e, em alguns casos, tubos de calor para transferir o calor da placa coletora para o fluido, permitindo obter eficiências maiores e temperaturas mais altas (RUSSI, 2012).

Segundo Redpath (2008 apud NEVES, 2013), a eficiência anual de um coletor de placas bem dimensionado fica entre 35 e 40%, contra 45 a 50% dos coletores de tubo a vácuo.

Em uma residência de 200m², localizada na cidade de Novo Hamburgo, foi instalado um sistema de aquecimento solar com tubos a vácuo, com orientação solar norte. A placa solar possui 60 tubos a vácuo, totalizando 9m², e foi importada da China. O sistema atende 3 banheiros e teve um custo inicial de aproximadamente R\$ 13.000,00. O *boiler*, da marca Termomax, possui uma resistência elétrica que controla a temperatura da água e quando ela baixa de 35 graus aciona o chuveiro elétrico, o que acontece somente quando chove por mais de uma semana, todos os dias (TERMOMAX, 2014).

Atualmente, os moradores pagam uma média de R\$200,00 mensais pela luz elétrica consumida na residência. Por ser uma casa nova, e possuir o sistema de aquecimento desde o início, o parâmetro só pode ser feito por uma estimativa comparando com a casa anterior: anteriormente a casa possuía a metade do tamanho e a conta de luz era aproximadamente 75% do valor gasto atualmente, sendo que, a residência nova possui sistema de ar condicionado em 3 quartos, o que não tinha anterior. Com isso, verifica-se que o sistema de aquecimento da água contribui muito na economia financeira da família e principalmente na economia de energia elétrica.

Neves (2013) realizou um estudo de caso a fim de verificar a eficiência de um sistema de aquecimento solar a vácuo no Campus da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), na cidade de Cascavel. O aquecedor de água foi instalado com coletor de tubos a vácuo acoplado ao boiler, conforme a figura 10, da marca EXXA, com dimensões de 1,60 x 2,60m. O coletor de tubos foi orientado para o norte, com inclinação de 28°.



Figura 10 - Coletor solar com tubos a vácuo tipo all-glass instalado na UNIOESTE
Fonte: Neves (2013)

Para o cálculo da eficiência do sistema, o autor coletou os dados de temperatura, radiação solar e corrente elétrica a cada 10 segundos e o consumo diário de água quente durante todo o intervalo do experimento foi fixado em dois banhos diários, concentrados ao final da tarde, com temperatura da água em torno de 40°C e volume de 60 litros por banho. A eficiência do aquecedor solar com boiler acoplado foi determinada pela média das eficiências diárias, calculadas a partir de valores obtidos entre as 6:00 e 18:00 horas de cada dia (NEVES, 2013).

Após a análise, Neves (2013) concluiu que a eficiência do sistema é de 51%, resultando numa economia anual de aproximadamente R\$ 390,00, e o retorno do investimento na instalação de um aquecedor solar, complementado por um chuveiro eletrônico, considerando juros de 6% a.a, ocorrerá em cerca de 7 anos, quando comparado com o chuveiro elétrico usado de forma isolada.

3.2 Sistemas alternativos para aquecimento de água para banho

Segundo a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) (2010), eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. Como exemplo de ação, está a modernização de equipamentos e processos no sentido de reduzirem seu consumo.

De acordo com Cristofari et al. (2002 apud COSTA, 2007), devido ao alto custo dos sistemas solares de aquecimento de água, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas de menor custo e com bom desempenho. O principal objetivo de estudar os sistemas alternativos é reduzir o custo de fabricação, buscando a socialização do uso de sistemas de aquecimento de água doméstico e industrial, uma vez que o custo do mesmo representa 50% do custo total de investimento para a aquisição de um sistema solar para aquecimento de água.

Diante da importância já citada em utilizar fontes alternativas para o aquecimento da água do banho, e dos sistemas convencionais para aquecimento, surge a necessidade de utilizar um sistema que utiliza a energia solar para o aquecimento de água e que não possua custos tão elevados quanto aos sistemas convencionais já apresentados.

A seguir serão apresentados dois sistemas alternativos: um com garrafas feitas de politereftalato de etileno (PET) e embalagens longa vida e outro com forro de policloreto de vinila (PVC). Os dois sistemas serão analisados perante a facilidade de instalação, materiais necessários para montagem, durabilidade e eficiência, a fim de verificar a viabilidade no seu uso por sistemas alternativos.

3.2.1 Aquecedor solar com descartáveis

Este aquecedor com descartáveis refere-se ao uso de garrafas PET e embalagens longa vida Tetrapak®, bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) e sacolas plásticas.

O alto custo inicial dos aquecedores solar de água fez com que José Alcino, morador da cidade de Tubarão, em Santa Catarina, desenvolvesse a partir de garrafas PET, caixas Tetrapak®, bandejas de Isopor® e sacolas plásticas, um aquecedor solar alternativo de baixo custo, visando atender as necessidades da população de baixa renda, que não teriam condições financeiras de instalar um sistema convencional de aquecimento solar (COIMBRA; AZAMBUJA; DALMAS; COELHO, 2008)

O aquecedor solar de garrafas PET trabalha com a utilização de energia solar da mesma forma que um aquecedor convencional, onde a radiação solar incide nos painéis solares e aquece a água, substituindo a energia elétrica em um chuveiro (ALANO, 2010 apud RAIA; SUCHODOLAK; ABREU, 2010).

3.2.1.1 Funcionamento do sistema

A circulação da água nos sistemas alternativos (e na maioria dos casos os convencionais), se dá através do processo de termossifão. Segundo Marques (2006), nesse processo, a circulação ocorre devido à diferença de densidade entre a água fria e a quente. A água fria, sendo mais pesada, acaba empurrando a água quente que é mais leve, realizando assim, a circulação da água. A vantagem do processo é não precisar de energia elétrica para a movimentação da água, evitando algum tipo de manutenção.

No sistema de aquecimento com garrafas PET, a água circula por tubos que estão inseridos dentro das garrafas, conforme ilustrado na figura 11.



Figura 11 - Sistema de aquecimento com PET (montado em laboratório)
 Fonte: Coimbra; Azambuja; Dalmas; Coelho (2008)

3.2.1.2 Instalação

O sistema para aquecimento com descartáveis, deve ser instalado no mínimo 30cm abaixo do fundo do reservatório de água e no máximo 3 metros (ver figura 12). Essa diferença de altura é necessária para garantir a circulação da água no coletor pela diferença de densidade entre a água quente e a fria (processo de termossifão) (CELESC, 2005).

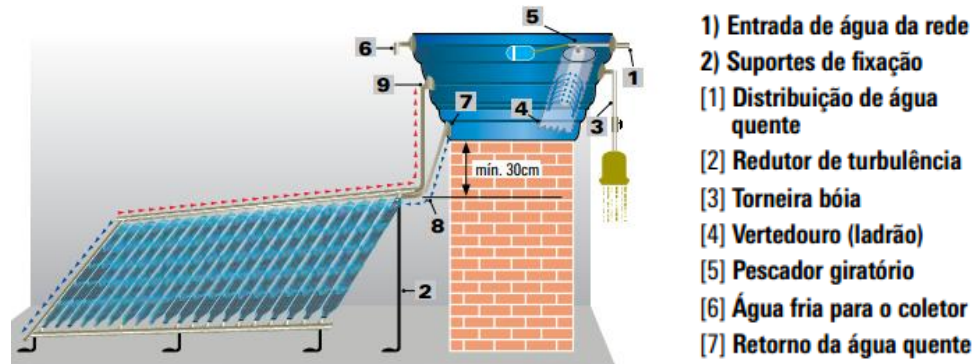


Figura 12- Posição do coletor em relação ao reservatório
 Fonte: Manual de Instalação, CELESC (2005)

Um fator importante na construção do sistema é o tipo da garrafa PET a ser utilizada. Segundo a CELESC (2005), dois são os tipos de garrafas PET de dois litros usados na construção do aquecedor, com preferência às garrafas transparentes (cristal), lisas (tipo

Fanta®) e as cinturadas tipo Pepsi®, Coca-Cola®, ou de outras marcas, porém com o mesmo perfil.

Segundo a CELESC (2005), em qualquer sistema de aquecimento, o meio tradicional de encontrar a temperatura ideal da água é por meio de misturadores conectados a tubulações de água quente e fria. Como se trata de um sistema alternativo, deve-se buscar uma solução de misturador também alternativa.

Os misturadores utilizados em sistemas tradicionais de aquecimento possuem um custo bem elevado, o que tornaria inviável o uso num sistema de aquecimento que busca o baixo custo. Para isso, pode ser utilizado um misturador simples (ver figura 13), mas que possui a mesma função do outro, bastando apenas que se faça um furo no teto para a passagem do tubo com água quente, já que a água fria continuará sendo fornecida pela rede existente no local (CELESC, 2005). A figura 14 mostra o misturador juntamente com toda a instalação do sistema.

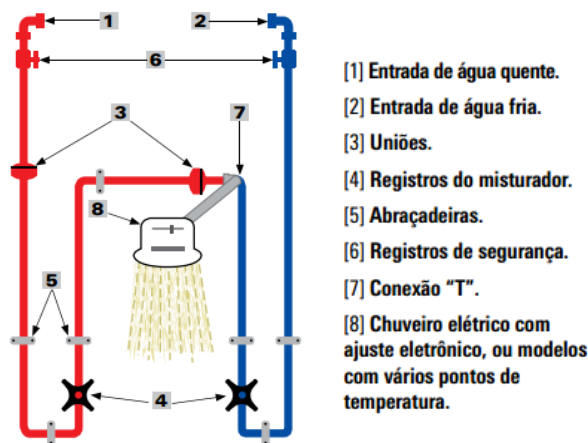


Figura 13 - Misturador com a parte de água quente externa

Fonte: Manual de Instalação, Celesc

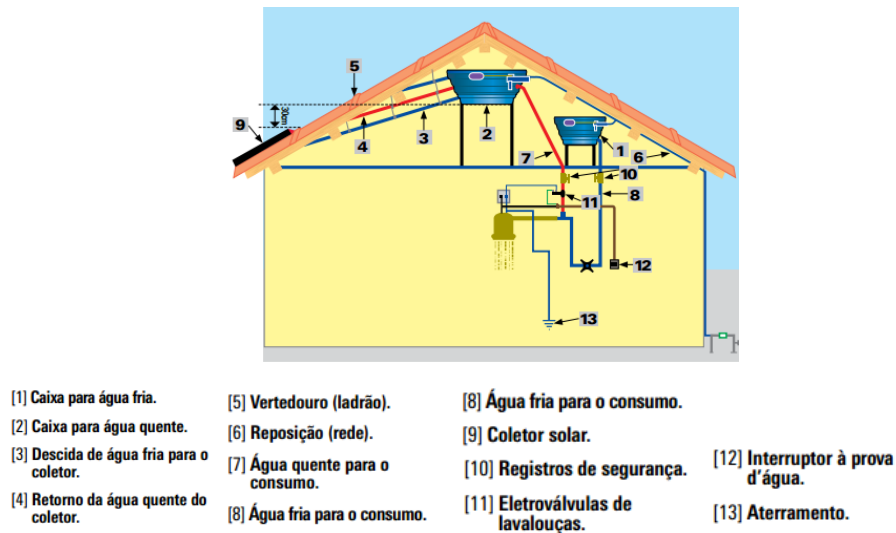


Figura 14 - Instalação do sistema
 Fonte: Manual de Instalação, Celesc

3.2.1.3 Dimensionamento do coletor

Segundo a CELESC (2005), para o dimensionamento de um projeto, deve ser considerado uma garrafa para cada litro de água a ser aquecida. Por exemplo, para aquecer água suficiente para uma família de 4 pessoas, é necessário, no mínimo, 200 litros d'água. Portanto, o projeto deve considerar 200 garrafas PET e 200 caixas Tetra Pak.

3.2.1.4 Eficiência do sistema

O sistema de aquecimento solar montado com garrafas PET e embalagens longa vida foi analisado por Corrêa e Sá (2012), a fim de verificar a eficiência do sistema. O estudo foi conduzido no Laboratório do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal Sul-Rio-grandense, em Pelotas. Juntamente, foi analisado os coletores solar de PVC. Para analisar a eficiência dos coletores, foram monitorados os

seguintes parâmetros: temperatura da água no interior dos coletores, volume de água deslocado diariamente e temperatura máxima e mínima da água no reservatório.



Figura 15 - Instalação e disposição dos coletores solar de baixo custo
Fonte: Corrêa; Sá (2012)

Corrêa e Sá (2012) encontraram grande dificuldade em relação a vedação entre as conexões e os elementos condutores de água, principalmente no coletor de PVC, tornando a montagem e instalação do coletor morosa e onerosa. O estudo concluiu que o coletor do tipo PET apresentou maior viabilidade técnica na construção em relação ao sistema com PVC, que apresentou maior grau de dificuldade no que diz respeito à montagem e conexão entre seus componentes.

Através do estudo foi possível observar que ambos coletores interferiram significativamente na temperatura da água no reservatório, apresentando um incremento médio de 14,6 °C acima da temperatura máxima média do ar, bem como os dois modelos apresentaram comportamentos semelhantes em relação à variação diária de temperatura da água e diferiram quanto ao volume de água deslocado. O coletor de PET apresentou maior volume deslocado e conseqüentemente maior fluxo de água indicando maior rendimento hidráulico.

3.2.2 Aquecedor Solar de Baixo Custo - ASBC

A Sociedade do Sol é uma organização não governamental sem fins lucrativos, criada em 2011 que trabalha no desenvolvimento de tecnologias sociais nas áreas de energia solar e renovável e programas de educação ambiental. A Instituição investe em pesquisas para aperfeiçoamento constante de aquecedores solar de baixo custo (SOCIEDADE DO SOL, 2013).

De acordo com a ONG Sociedade do Sol, o aquecedor solar de baixo custo (ASBC) é um sistema que pode ser feito pelo morador, com materiais de baixo custo e fácil de encontrar. É um sistema simples, que tem por objetivo a melhoria social, preservação ambiental, conservação de energia, possibilidade de geração de empregos, economia financeira familiar e nacional e redução de emissões do gás estufa. O sistema tem capacidade de aquecimento de 200 litros de água, que poderá atender a demanda de água quente para banho de uma família de quatro a seis pessoas. A Sociedade do Sol disponibiliza todo material necessário para a execução do sistema, bem como vídeos explicativos.

3.2.2.1 Funcionamento do sistema

O sistema ASBC tem o mesmo princípio de funcionamento do sistema tradicional de aquecimento solar de água e também do sistema com garrafas PET. A água circula através do processo de termossifão, conforme ilustrado na figura 16. Esse processo é contínuo, enquanto houver uma boa irradiação solar ou até quando toda água do circuito atingir a mesma temperatura. A água aquecida fica armazenada num reservatório termicamente isolado que evita perda de calor para o ambiente (SOCIEDADE DO SOL, 2013).

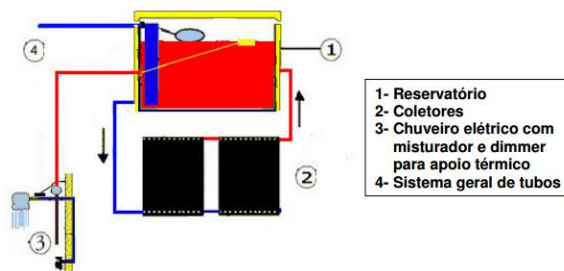


Figura 16 - Representação de um sistema de aquecimento ASBC

Fonte: Sociedade do Sol, 2013

O sistema de aquecimento é formado pelo coletor, reservatório, misturador de água quente e a tubulação do sistema hidráulico. O coletor é o responsável por aquecer a água, fabricado com placas de forro PVC. O reservatório: tem a função de armazenar a água aquecida pelo coletor solar. Pode ser utilizada uma caixa de água tradicional ou então outros recipientes industrializados tais como; o tambor de plástico ou a caixa de EPS (isopor) revestida interiormente com filme plástico pneumático (à prova de vazamento). Dentro do reservatório encontra-se o pescador, que tem a função de levar ao chuveiro a água que fica na camada de água mais alta e mais quente dentro da caixa e também a torneira de boia, que serve para levar água fria ao fundo da caixa. O misturador de água quente: é o responsável em levar a água aquecida pela energia solar ao chuveiro. A temperatura da água pode ser controlada pelo usuário através do acionamento de um *dimmer*. Finalmente, a tubulação do sistema hidráulico é feita com tubulação comum de PVC marrom, o que diferencia o sistema ASBC do tradicional, que necessita tubulação especial para água quente.

3.2.2.2 Instalação

A instalação do sistema segue as mesmas considerações do sistema com garrafas PET apresentados anteriormente. Para a utilização da água aquecida, deve-se também utilizar um misturador de baixo custo.

3.2.2.3 Dimensionamento do coletor

De acordo com a Sociedade do Sol (2013), para uma família de quatro pessoas o sistema é composto por três placas coletoras de forro de PVC, de 0,91m², interligadas e pintadas de preto e por um reservatório de 170 litros.

3.2.2.4 Eficiência do sistema

Siqueira (2009) realizou um estudo em Uberlândia para verificar a eficiência de um sistema de aquecedor solar de baixo custo. Para isso, foi executado três tipos diferentes de coletores solar: o primeiro coletor foi executado com forro de PVC, conforme especificações da Sociedade do Sol; o segundo, um coletor solar de cobre; e o terceiro um coletor de polipropileno (PP), conforme representados respectivamente pelos números 1, 2, 3 na figura 17.



Figura 17 - Coletores Solar e reservatórios
Fonte: Siqueira (2009)

O estudo foi realizado através da análise das temperaturas dentro dos três reservatórios: reservatório de água quente do coletor de PVC, reservatório do coletor de cobre e no reservatório do coletor solar PP, representados respectivamente pelos números 5, 6, 7 na figura 17.

Reservatório	28/11/08	02/12/08	05/12/08	09/12/08	Média
PP	41,3%	46,5%	42%	48,5%	$\eta_t=44,5 \%$
	41,5°C	41,6°C	44,7°C	41,8°C	$T_{max}= 42,4^\circ\text{C}$
PVC	41,3%	47,4%	43,4%	56,2%	$\eta_t= 47,1 \%$
	41,1°C	41,8°C	44,4°C	45,6°C	$T_{max}= 43,2^\circ\text{C}$
Convencional	46,9%	50,6%	49,8%	56,5%	$\eta_t = 50,9\%$
	44,5°C	43,2°C	45,7°C	46,5°C	$T_{max}= 45\text{C}$

Quadro 1 - Eficiência e temperatura dos reservatórios em 4 dias de medição

Fonte: Siqueira (2009)

A temperatura inicial no reservatório de polietileno era de 23,3°C e passou para 41,5°C no primeiro dia; no reservatório térmico aumentou de 25,8°C para 44,5°C, e no de PVC a temperatura passou de 22,9°C para 41,1°C (SIQUEIRA, 2009).

Após quatro dias de medições dentro dos reservatórios, Siqueira (2009) concluiu que os sistemas alternativos possuem uma boa eficiência, principalmente o sistema com coletor solar de PVC, que apresentou uma eficiência térmica semelhante ao sistema tradicional.

Segundo Araújo et.al (2002), no Estado de Sergipe, região Nordeste do Brasil, um sistema alternativo em PVC apresentou uma temperatura média diária de 50°C, com forte exposição ao vento e sem a utilização de isolamento térmico. Porém, a temperatura média na região é de aproximadamente 28°C.

4 CUSTOS

As informações sobre o custo dos sistemas alternativos diferem muito. Segundo a Sociedade do Sol, o custo do sistema fica aproximadamente R\$300,00. Para Dias (2004), o sistema pode ser montado a um custo médio de R\$ 100,00.

Diante dessa diferença de valores foi feito um levantamento de custos a partir da lista de materiais para a confecção dos dois sistemas: a tabela 1 apresenta a lista de materiais necessários para um sistema de aquecimento solar com forro de PVC, disponibilizada pela Sociedade do Sol; a tabela 2 apresenta a lista de materiais para um sistema de aquecimento solar com garrafas PET e embalagens longa vida, disponibilizada pela CELESC.

Lista de materiais*	Quantidade	Valor unitário	Total
Placa de forro de PVC alveolar modular 1,25 x 0,62 m	1	R\$17,00	R\$17,00
Tubos de PVC marrom 32 mm	1,5m	R\$5,60	R\$11,20
Luvras soldáveis de PVC marrom 32 mm	2	R\$5,49	R\$ 10,48
Adaptador de PVC marrom 32 mm x 1"	1	R\$10,99	R\$10,99
Joelhos 90° de PVC marrom soldável de 32 mm	2	R\$1,85	R\$3,70
Cap PVC branco com rosca de 1"	1	R\$3,50	R\$3,50
Caps de PVC marrom de 32 mm	3	R\$1,65	R\$4,95
Esmalte sintético preto fosco	1 litro	R\$11,00	R\$11,00
Lixa 120	1	R\$1,10	R\$1,10
Fita crepe	1 rolo	R\$6,90	R\$6,90
Caixa d'água 250l	1	R\$145,00	R\$145,00
		TOTAL	R\$226,32

Tabela 1 - Relação de materiais e custos para um sistema com forro de PVC
Fonte: Adaptado de Sociedade do Sol (2014)

Lista de materiais*	Quantidade	Valor unitário	Total
Caixa d'água - 310l	1	R\$145,00	R\$145,00
Registro esfera em pvc - soldável 25mm	4	R\$ 14,90	R\$ 14,90
Flanges em pvc p/caixa d'água 25mm, c/rosca interna.	5	R\$ 5,59	R\$ 27,95
Torneira bóia de 25mm, c/tomada para mangueira	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Conexão "t" em pvc 20mm	80	R\$ 0,64	R\$ 51,2
Conexão "t" em pvc 25mm	6	R\$ 0,99	R\$ 5,94
Bucha de redução em pvc - 25mm p/20mm	4	R\$ 0,43	R\$ 1,72
Luva l/r em pvc de 25mm	4	R\$ 1,36	R\$ 5,44
Tampão em pvc c/rosca externa de 25mm	2	R\$ 1,11	R\$ 2,22
Luva soldável em pvc 25mm	3	R\$ 0,99	R\$ 2,97
Tampão em pvc (cap soldável) 20mm	4	R\$ 0,93	R\$ 3,72
Adaptador em pvc cola/rosca 25mm	2	R\$ 0,71	R\$ 1,42
Joelhos em pvc 90° 25mm	2	R\$ 1,83	R\$ 3,66
Curva em pvc 90° 25mm	6	R\$ 1,59	R\$ 9,54
União soldável em pvc 25mm	6	R\$ 7,50	R\$ 45,00
Tubo sold. Em pvc 25mm (coletores à caixa)	18m	R\$ 2,45	R\$ 44,10
Tubo soldável em pvc 20mm	54m	R\$ 2,00	R\$ 108,00
Tubo em pvc p/esgoto 40mm	8m	R\$ 9,03	R\$ 72,30
Fita crepe 19mm	1 rolo	R\$6,90	R\$6,90
Tinta esmalte sintético preto fosco	2 kg	R\$11,00	R\$22,00
Solvente	01 litro	R\$12,90	R\$12,90
Cola para pvc c/pinça	175g		
Fita de altofusão	1 rolo	R\$2,50	R\$2,50
Arame zincado e encapado nº16	1 rolo		
Fita veda rosca 1/2	1 rolo	R\$4,59	R\$4,59
Lixa d'água gr.100	1	R\$1,20	R\$1,20
Caixas de leite longa vida	220		
Garrafas pet (Coca, Pepsi, Sukita, Fanta etc.)	240		
		TOTAL	R\$ 610,17

Tabela 2 - Relação de materiais e custos para um sistema com garrafa PET
Fonte: Adaptado de CELESC (2005)

Os dois sistemas foram orçados com um reservatório comum de 310 litros, o que aumentou um pouco o custo, sendo que muitas vezes esse valor não está incluído, pois geralmente, a água aquecida pelo sistema alternativo era colocada dentro do mesmo reservatório de água fria já existente, o que diminui a eficiência do sistema.

De acordo com Dadalto (2008), a diferença entre o custo de um sistema de aquecimento solar tradicional, com os sistemas alternativos, varia, a depender da marca, entre 5 a 10 vezes.

5 POPULAÇÃO DE BAIXA RENDA

De acordo com a Lei 10.438, de 26 de abril de 2002, que dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, consumidor de baixa renda, é toda família com consumo médio de até 80 kWh/mês, bem como aqueles cujo consumo mensal se situe entre 80 kWh/mês e 220 kWh/mês, desde que obedecidos os seguintes critérios: o responsável pela unidade consumidora ser inscrito no Cadastro Único de Programas Sociais do Governo; a família ter renda per capita máxima equivalente a meio salário mínimo; essas duas condições serem comprovadas junto à concessionária.

Segundo Dadauto (2008), para acessar a energia elétrica, energético mais utilizado no setor residencial para o aquecimento de água, a população de baixa renda necessita ser subsidiada. Atualmente esse subsídio é direcionado aos energéticos comerciais, porém a necessidade do aquecimento da água pode ser suprida com o uso da energia solar. O subsídio ao acesso à energia comercial possibilita o ingresso de uma parcela da população que estaria excluída a participar do mercado e também reforça a disseminação das energias comerciais como solução para o aquecimento de água.

6 METODOLOGIA

Para melhor conhecimento dos sistemas de aquecimento de água foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre os sistemas de aquecimento de água, focando nos sistemas alternativos, que não utilizam energia elétrica e que possuem baixo custo de instalação. A pesquisa foi feita em livros da área, artigos científicos disponibilizados na internet, e em alguns sites informativos. Todos os resultados apresentados são resultados de uma revisão da literatura e são de artigos referenciados.

Através dessa pesquisa foi possível comparar sistemas convencionais com sistemas alternativos verificando a viabilidade dos sistemas alternativos no que diz respeito à facilidade de instalação, materiais necessários para a montagem, durabilidade e eficiência no aquecimento da água.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos estudos realizados para verificar a eficiência dos sistemas de aquecimento, é possível perceber que a eficiência de um sistema tradicional é muito boa. Porém, considerando o alto custo inicial e um tempo de retorno do investimento mais longo, os sistemas alternativos ganham vantagem. Através da pesquisa realizada foram obtidos os resultados apresentados a seguir.

Quando se usa garrafa PET e/ou PVC, a durabilidade do sistema é menor. No caso das garrafas PET, quando expostas diretamente ao sol, podem estragar, segundo os fabricantes da matéria prima das garrafas, isso pode levar de 4 a 6 anos. Quando isso acontecer, elas podem simplesmente ser substituídas. Já os coletores de PVC, possuem uma vida útil menor, caso não seja realizada uma repintura dos coletores a vida útil é de 4 anos (Sociedade do Sol), podendo ser prolongada para 10 anos através da pintura. No que se trata da durabilidade, o sistema tradicional apresenta mais uma vantagem: segundo a Soletrol (fornecedor do produto) a vida útil é de 20 anos.

O custo é outro fator importante. Os aquecedores solar tradicionais possuem um valor alto, tornando inviável a sua utilização para famílias de baixa renda, ou muitas vezes acabam por não ser utilizados pelo fato dos moradores terem outras prioridades, e não terem o valor inicial para o investimento. A tubulação para o encanamento do sistema convencional também o torna mais caro, saindo em desvantagem com os sistemas alternativos, que possuem um custo bem inferior e não precisam de tubulação especial.

Inicialmente imagina-se que o desempenho dos sistemas alternativos, poderia ser melhorado utilizando um reservatório térmico e tubulação especial, porém elevaria muito o custo do sistema e o ganho seria pequeno. Segundo Corrêa e Sá (2012), em 8 horas um reservatório de polietileno elevou a temperatura da água de 23,3°C para 41,5°C, enquanto um reservatório térmico elevou a temperatura de 25,8°C para 44,5°C. Analisando a troca do reservatório, financeiramente também tornaria o sistema inviável (somente analisando o valor do reservatório o valor do sistema aumentaria aproximadamente seis vezes. Em relação a tubulação é difícil fazer o cálculo exato, pois pode haver mudanças de uma residência para outra, mas, se compararmos um tubo de PVC com um de cobre (apropriado para água quente), a tubulação de cobre é cerca de 40 vezes mais cara). Esses estudos de eficiência foram realizados em um reservatório individual para a água aquecida, o que justifica a boa eficiência, pois quando se tem somente um reservatório, que junta a água do sistema de aquecimento com a água fria, o desempenho não é mesmo.

A instalação dos sistemas alternativos, tanto de PVC quanto de PET é possível de ser realizada por qualquer pessoa, e não necessita de alteração nas instalações hidráulicas existentes.

A utilização dos sistemas alternativos pode ser uma ótima solução para o problema do alto consumo de energia elétrica. Segundo a Sociedade do Sol, em um ano, o chuveiro é responsável por um consumo de 1.204 kWh e através da utilização do aquecimento solar, 75% da energia elétrica é economizada, o que, além de contribuir para a economia do usuário, contribui também para o planeta, pois reduz a emissão de gás carbônico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando a instalação, os materiais utilizados, o custo inicial, e a manutenção dos sistemas alternativos é possível verificar a viabilidade da utilização desses sistemas. Os sistemas de aquecimento alternativos são boas soluções para racionalizar energia elétrica, sem necessitar de grande investimento financeiro.

Analisando a eficiência dos sistemas alternativos para localidades de grande variabilidade sazonal é possível concluir que o sistema apresenta uma baixa eficiência no período do inverno. Em locais como o Rio Grande do Sul, esses sistemas, no período de frio, não atenderiam as necessidades dos usuários, sendo necessário a utilização de um suporte termo-elétrico.

Os sistemas alternativos apresentam desempenho semelhante ao coletor solar tradicional aberto, e por não possuírem cobertura de vidro são mais sensíveis a variação de temperatura. Para localidades onde a temperatura é mais constante, por exemplo, na região Nordeste do Brasil, o sistema apresenta uma boa eficiência.

Realizando uma análise da parte financeira dos sistemas, conclui-se que o sistema com garrafas PET é aproximadamente 60% mais caro que o sistema com forro de PVC, e o sistema tradicional com coletor plano fechado é aproximadamente três vezes mais caro que o sistema alternativo com PET. Diante da necessidade das famílias de baixa renda de ter a água aquecida e da falta de investimento para isso, elas seriam o público alvo para a utilização dos sistemas alternativos. Embora somente esse sistema não supra a necessidade durante o inverno, o sistema ajudaria a diminuir uma parcela do consumo de energia elétrica, diminuindo assim os custos mensais da família, bem como reduzindo as emissões de gás carbônico.

Dos sistemas alternativos apresentados, em relação à eficiência para o aquecimento da água, os dois não diferem muito, chegando no mesmo resultado final. Na parte de requisitos para instalação possuem as mesmas exigências, diferindo apenas em relação à mão de obra para a execução do sistema, que, segundo a pesquisa apresentada, conclui-se que o sistema com garrafa PET é mais fácil de montar, em relação aos sistemas de PVC.

Embora já existam sistemas alternativos viáveis para qualquer família, ainda é necessária uma reeducação das pessoas perante a importância da economia de energia, pois o chuveiro elétrico ainda é o meio mais barato e rápido de aquecer a água do banho. Porém, atualmente, cada vez mais o uso da energia elétrica deve ser feita conscientemente, realmente quando for necessária e não tivermos outras alternativas.

9 REFERÊNCIAS

BEN. Balanço Energético Nacional. **Matriz energética nacional**. 2014. Disponível em: < <https://ben.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em: 05 set. 2014.

CELESC. Companhia ... Manual de Instalação. Florianópolis: CELESC, 2005. Disponível em: <<http://www.tupa.unesp.br/Home/Extensao/AquecedorSolar/Manualdeconstrucao.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2014.

CELPE. Companhia Energética de Pernambuco. Eficiência energética. Recife, 2010. Disponível em: <<http://www.celpe.com.br/Pages/Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica/o-que-e-ef-energetica.aspx>>. Acesso: 15 out. 2014.

CHING, FRANCIS D.K. **Técnicas de construção ilustradas**. São Paulo, 4 edição, 2010.

COIMBRA, NÚBIA; AZAMBUJA, CARINE; DALMAS, THIAGO; LUCIANO, COELHO. **Eficiência Térmica de Coletor Solar de Baixo Custo**. Trabalho de conclusão na disciplina de Medições Térmicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

COSTA, EURIDES RAMOS. **Limitações no uso de coletores solares sem cobertura para sistemas domésticos de aquecimento de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

COSTA, RAIMUNDO NONATO ALMEIDA. **Viabilidades térmica, econômica e de materiais de um sistema solar de aquecimento de água a baixo custo para fins residências**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

CORRÊA, CAMILA FERRAZ; SÁ, JOCELITO SACCOL DE. **Rendimento térmico e hidráulico de coletores solar de baixo custo.** Bento Gonçalves, 2012.

DADALTO, ELDER ANTÔNIO. **Utilização da energia solar para aquecimento de água pela população de baixa renda domiciliar em habitações populares.** Vitória, 2008.

FORTE, Fernando; FERRAZ Rodrigo Marcondes. **Quais são os tipos de aquecedores de água existentes? Qual deles é o melhor?** Disponível em <<http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/quais-sao-os-tipos-de-aquecedores-de-agua-existentis-qual-deles-e-o-melhor.jhtm>>. Acesso em: 30 out. 2014.

FRAINDENRAICH, NAUM. **Tecnologia Solar no Brasil. Os próximos 20 anos.** In: **Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos vinte anos.** Campinas, SP: UNICAMP, 2002.

GOMES, MARCIO RODRIGUES. **Projeto, construção e análise de eficiência térmica de um sistema de aquecimento solar de água de baixo custo.** Dissertação (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

LAFAY, JEAN-MARC STHEPANE. **Análise energética de sistemas de aquecimento com de água com energia solar e gás.** Tese de doutorado (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LAMBERTS, ROBERTO; DUTRA, LUCIANO; PEREIRA, FERNANDO. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo, 3 edição, 2013.

MASSANO, RENATO. **Soluções em hidráulica.** Disponível em <http://www.renatomassano.com.br/dicas/residencial/aquecedores_de_passagem.asp>. Acesso em: 03 out. 2014.

MARQUES, NUNES MAURÍCIO. **Aquecedores de água: tipos, características e projeto básico.** Graduação (Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

MIYAZATO, TARSILA. **Integração do sistema de aquecimento solar (SAS) ao projeto de edificações residenciais.** Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

NEVES, JOÃO CARLOS MUNHOZ DAS. **Avaliação técnico - econômica de um aquecedor solar de água com tubos a vácuo na cidade de Cascavel – PR.** Dissertação - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel 2013;

OLIVEIRA, ANDRÉA. **As vantagens da energia solar e sua utilização.** Disponível em <<http://www.cpt.com.br/cursos-energiaalternativa/artigos/as-vantagens-da-energia-solar-e-sua-utilizacao#ixzz3li0UmnPP>> . Acesso em: 12 out. 2014.

RAIMO, ABDALA PATRÍCIA. **Aquecimento de água no setor residencial**. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RAIA, MARIA DE FÁTIMA RIBEIRO; SUCHODOLAK, ANDRÉ; ABREU, GUILHERME COERDEIRO DE. **Disseminação de uma tecnologia de baixo custo para aquecimento de água utilizando energia solar em uma escola da periferia de Curitiba-PR**. Curitiba, 2012.

RUSSI, MADALENA. **Projeto e análise da eficiência de um sistema solar misto de aquecimento de água e de condicionamento térmico de edificações para Santa Maria - RS**. Dissertação (Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SIQUEIRA, ABRAHÃO SIQUEIRA. **Estudo de desempenho do aquecedor solar de baixo custo**. Dissertação (Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SOCIEDADE DO SOL. **Aquecedor solar de baixo custo**. Disponível em: <<http://www.sociedadedosol.org.br/projetos/asbc-aguas-de-banho/>>. Acesso em: 10 out. 2014.

SOUZA, KARINA TERRA DE; LÁILY DE SOUZA, MIRANDA; SILVIA, MÁRCIA ALMEIDA. **Aquecimento de água através do uso de coletores planos**. Disponível em <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1792/970>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

TERMOMAX. **Aquecedor solar**. Disponível em: <<http://www.termomax.com.br/banho.php>>. Acesso em: 13 out. 2014.

WOELZ, AUGUSTIN. **Aquecedor solar de baixo custo (ASBC): uma alternativa custo-efetiva**. São Paulo, 2002. Disponível em <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100019&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 out. 2014.

RINNAI. **Aquecedores de passagem a gás**. Disponível em <<http://www.rinnai.com.br/o+que+aquecedor.html>>. Acesso em: 10 out. 2014.