

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE UMA PLACA SOLAR PLANA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA COM TROCADOR DE CALOR EM ESPIRAL

STUDY OF THE EFFICIENCY OF A FLAT SOLAR PLATE FOR WATER HEATING WITH SPIRAL HEAT EXCHANGER

Ariane Martins Caponi Lima; Jackelyne Kellen Ferreira; João Henrique Damiano de Oliveira; Mardem Inácio Nunes; Thais Martins Pagotto Eloi

Professor(a) do Curso de Engenharia Mecânica/FACEG. Email: arianeconilima@gmail.com

Resumo: O uso da energia solar se mostra como uma alternativa para diminuir o consumo de energia elétrica para aquecimento de água. Este trabalho tem por objetivo a análise do comportamento de uma placa solar plana com trocador de calor em espiral, com foco na sua eficiência térmica e viabilidade econômica. O trocador de calor em espiral foi montado dentro de uma caixa fechada, com isolamento térmico nas partes laterais e na parte inferior e com cobertura de vidro branco transparente. A geométrica da placa foi modificada para que comportasse de forma eficiente, o novo formato do trocador. As tubulações que ligam a placa ao reservatório foram revestidas de espuma isolante, de forma a minimizar as perdas térmicas. O reservatório foi construído com polietileno e revestido com isopor. A circulação da água dentro do sistema se deu através do processo natural, conhecido como termossifão. Foram realizados ensaios entre a placa experimental e uma placa convencional comercializada, ambas analisadas simultaneamente e sob as mesmas condições climáticas. Através dos dados obtidos foi possível determinar o rendimento térmico do sistema e criar um quadro comparativo entre as duas placas ensaiadas. Os resultados mostraram que a placa com trocador em espiral obteve rendimento levemente inferior à placa convencional, mesmo assim conseguiu atingir temperaturas de trabalho consideradas ideais para esse tipo de uso. As vantagens no uso de um trocador em espiral se traduziram na redução de 75% da área da placa, na diminuição de 30% do custo de implementação do sistema, e na obtenção de valores de temperatura significativos. O estudo dos componentes de uma placa solar possibilita a criação de novas possibilidades que permitam o aperfeiçoamento desse tipo de energia, tornando-a mais eficiente e atrativo ao mercado consumidor.

Palavras-chaves: Placa solar. Trocador de calor em espiral. Eficiência térmica.

Abstract: The use of solar energy is an alternative to reduce the consumption of electrical energy for water heating. The goal of this study is to analyze the behavior of a plane solar panel with a spiral heat exchanger, focusing in its thermal efficiency and economical viability. The spiral heat exchanger was assembled inside a closed box, thermally insulated on the sides and the bottom, and a transparent white glass covering the top. The solar panel's shape was modified to efficiently hold the spiral heat exchanger. The pipes that connects the solar panel to the reservoir were coated with insulation foam, aiming to reduce thermal loss. The reservoir was built with polyethylene and coated with styrofoam. The water circulation inside the system happened naturally, through the method known as thermosiphon. Tests were made using an experimental panel and a conventional panel, both analyzed simultaneously and under the same weather conditions. Through the collected data, it was possible to determine the thermal yield of the system and to generate a comparative chart of both tested panels. The results show that the panel with the spiral heat exchanger had slightly lower yield than the conventional panel, nevertheless it reached ideal temperatures for this kind of use. The advantages in the use of a spiral heat exchanger are the reduction of 75% in the panel's area, 30% less cost to implement the system, and meaningful temperature numbers. The study of a solar panel's components enables the creation of new possibilities, that allows the enhancement of this kind of energy, making it more efficient and appealing to the consuming market.

INTRODUÇÃO

A oferta interna de energia elétrica no Brasil possui parcelas significativas no que condiz ao uso de fontes não renováveis. A utilização do gás natural como combustível para usinas termelétricas, responsáveis por emissão de poluentes atmosféricos como o CO₂, corresponde a 12,9% do mapa energético brasileiro. As usinas nucleares, sujeitas a problemas de armazenamento de lixo tóxico derivado de seus processos, ocupa uma porcentagem menor, mas significativa, 2,4%. Dentre as fontes renováveis, as usinas hidrelétricas possuem a supremacia na geração de energia elétrica, 58,4%. A geração hidráulica é considerada limpa, mas não isenta de impactos ambientais, pois o ecossistema no qual é implantada sofre com efeitos negativos (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015).

O território brasileiro apresenta uma postura diferenciada, pois a cada dois dias recebe luz solar suficiente para que a potência desse montante seja equivalente a todas as reservas remanescentes de combustíveis fósseis (MORO e ALFARO, 2008). Ou seja, uma inconstante, mas imensa fonte de energia solar é liberada em quantidades utilizáveis a cada dia. O aproveitamento de tal energia é disposto por duas formas: empregando painéis para captura de energia solar e consequentemente transformando-a em energia elétrica - energia solar fotovoltaica, ou utilizando painéis solares para aquecimento de água - energia solar térmica (SOARES *et al.*, 2014). A implementação de um sistema de aquecimento solar de água apresenta-se, no setor residencial, como uma alternativa para reduzir o consumo de energia ao realizar o aquecimento de água.

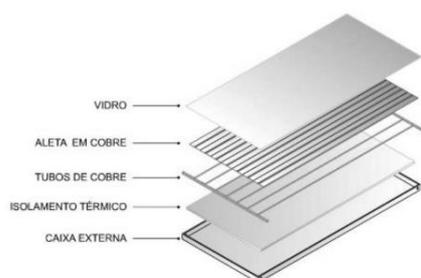
Baseado na colocação acima foi escolhido como objetivo deste trabalho desenvolver uma placa solar para aquecimento de água, voltada exclusivamente para aperfeiçoamento da mesma com o menor custo e máxima eficiência para a população, além de proporcionar menores gastos com o consumo de energia elétrica.

COLETORES SOLARES

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define como sendo coletor solar todo dispositivo que absorve radiação solar incidente, transferindo-a para um fluido de trabalho, sob a forma de energia térmica. Basicamente, trata-se de um tubo vazado feito de um material com boa condutividade térmica, por onde o fluido de trabalho receberá a energia solar, aumentando sua temperatura. Esse tubo encontra-se em uma caixa com pintura interna escura, que absorve melhor o calor por radiação e um isolamento térmico que diminui as perdas de calor da placa para o ambiente. São dispositivos com funcionamento muito simples e, com a seleção de materiais e desenho corretos, podem aumentar e muito sua eficiência, o que torna a energia solar uma das mais viáveis e ecologicamente corretas fontes de energia. Uma fonte totalmente limpa e renovável.

Os coletores solares se classificam basicamente em: painéis fotovoltaicos, coletores cilíndricos - parabólicos, torres centrais, discos parabólicos (ambos para geração heliotérmica), coletores planos fechados, coletores planos abertos e coletores solares de tubo a vácuo. Dentre os coletores solares, temos os planos abertos (Figura 1) e fechados (Figura 2).

Figura 1 – Coletor de placa plana fechado.



Fonte: Heliotek 2006, apud Baptista, 2006.

Figura 2 – Coletor de placa plana aberto.



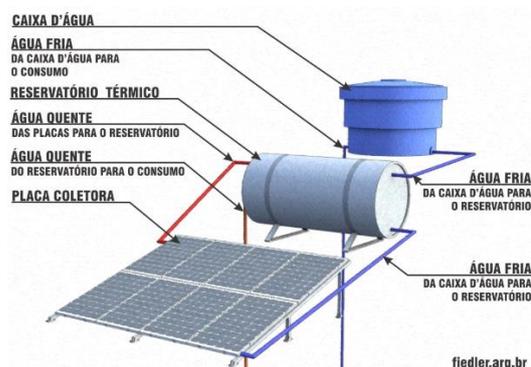
Fonte: Heliotek 2006, apud Baptista, 2006

Os coletores planos fechados são utilizados no aquecimento de água até temperaturas na faixa dos 60°C. Já os coletores abertos, segundo Pereira (2003, apud Baptista, 2006), são aplicados para aquecimento de piscinas, e operam a temperaturas mais baixas, na casa dos 30°C. Não possuem cobertura transparente nem isolamento térmico.

SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

Um sistema de aquecimento solar é composto por coletores solares, reservatório térmico, tubulações e equipamentos auxiliares de aquecimento. Esse conjunto de elementos interligados faz uso de diferentes métodos para a circulação do fluido, neste caso, água, através dos coletores solares (Figura 3).

Figura 3 – Sistema de aquecimento solar de água.



Fonte: ENERGIATECSOLAR, 2016.

O fluxo constante da água nos sistemas denominados ativos é imposto pelo uso de uma bomba de água que permite que o reservatório térmico e os coletores solares sejam instalados em qualquer posição. Os passivos,

também denominados termosifão, garantem o fluxo de água através da diferença de densidade entre a água quente e a água fria. A água aquecida no coletor apresenta aumento de volume e diminuição de densidade, portanto tem peso menor que a água fria presente na parte inferior do reservatório e na tubulação de entrada do coletor, garantindo o fluxo natural interno do fluido. Esse princípio físico faz, nos sistemas passivos, o papel desempenhado pela bomba, nos ativos (LOURENÇO, 2000).

Coletores solares são, de forma simplificada, equipamentos que captam a energia solar radiante e convertem essa energia em calor útil. Segundo Santos (2010) eles se subdividem em coletores de concentração e coletores planos.

O coletor de concentração tem por objetivo atingir temperaturas mais elevadas através da focalização da energia radiante, por meio de lentes ou espelhos, para um absorvedor. Os coletores de placa plana, foco deste estudo, são empregados quando se requer um fornecimento baixo de energia para aquecer a água da temperatura ambiente até cerca de 100°C (LOURENÇO, 2000). Os coletores solares de placa plana convencionais apresentam, tipicamente, os seguintes componentes básicos:

- Cobertura transparente, em geral constituída de uma ou várias camadas de vidro liso e transparente. Siqueira (2009) afirma que tal componente é encarregado de produzir o efeito estufa, permitir que a energia solar incidente seja transmitida à placa absorvedora e reduzir as perdas convectivas e radiativas para o meio ambiente. Segundo Reis, Leite e Barbosa (2011, p. 10):

O efeito estufa atingido pela cobertura faz com que uma parte da radiação que atravessou a cobertura e chega à placa coletora seja refletida para a cobertura transparente, com uma longitude de onda para a qual ela é opaca, retendo a radiação no interior (REIS, LEITE e BARBOSA, 2011, p. 10).

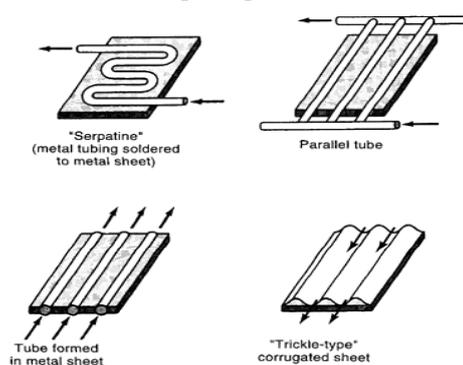
Bezerra (1998 apud AROUCA, 2010) reitera que o vidro deverá ter alta transmissividade e um mínimo de refletividade e absorvidade da radiação solar. Peter (1980 apud SIQUEIRA, 2009, p. 24) afirma que:

Vidros com baixo teor de ferro possuem alta transmissividade. O teor de óxido de ferro nos vidros de bordas de cor branca é baixo, 0,01%, o que os permite transmitir cerca de 92% da radiação solar. Os vidros de bordas esverdeadas possuem alto teor de óxido de ferro na sua composição, o que os torna de qualidade inferior para aplicações solares (PETER, 1980 apud SIQUEIRA, 2009, p. 24.).

- A placa absorvedora, segundo Lourenço (2000), tem a função de converter da forma mais eficiente possível as energias radiantes e de convecção externa em energia térmica útil, transferindo-a para o fluido e tubulações. É, em geral, utilizado na sua composição metais de alta condutividade térmica, como o cobre ou alumínio, ou materiais alternativos como o galvalume e os termoplásticos, a fim de reduzir os custos desses elementos. De forma a garantir maior absorção de energia, a placa absorvedora pode ser pintada com tintas escuras e/ou foscas;

- As tubulações são responsáveis pelo escoamento do fluido portador de calor (Figura 4). São, em geral, de cobre, material que possui alta condutividade térmica e que garante uma alta eficiência na transferência de calor, e são dispostas, no interior do coletor, em tubos absorvedores paralelos (PTC) ou em tubo absorvedor em serpentina (STC);

Figura 4 – Arranjo interno das tubulações em coletores de placa plana.



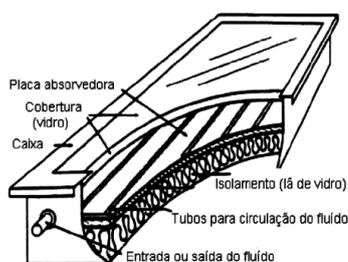
Fonte: RENEWABLEENERGYHUB, 2016.

- O isolante térmico reveste a parte posterior e as laterais do coletor, a fim de reduzir ao máximo as perdas de calor para o ambiente. O material a ser escolhido deve ter um coeficiente de dilatação compatível com os demais

componentes da placa solar, além de ser resistente a altas temperaturas sem se deteriorar. Os materiais mais utilizados nos mercados são a fibra de vidro, a espuma rígida de poliuretano e o poliestireno expandido (REIS, LEITE e BARBOSA, 2011);

- A caixa do coletor (Figura 5) suporta todo o conjunto e o protege contra as intempéries, deve ter um excelente isolamento térmico nas laterais e na parte inferior e possuir uma vedação eficiente para impedir a entrada de umidade (LOURENÇO, 2000). Fabricado comumente de alumínio ou material termoplástico.

Figura 5 – Componentes básicos de um coletor solar plano.



Fonte: LOURENÇO, 2000.

A eficiência de um coletor solar é inversamente proporcional às perdas que ocorrem no sistema. Não só perdas por transferência, mas também aquelas associadas à estrutura, como vazamentos ou falta de vedação, por exemplo. Perdas estruturais podem ser sanadas através da montagem correta dos componentes, ou por eventual manutenção. Já as perdas por transferência de calor devem ser reduzidas através da escolha correta dos materiais a serem empregados.

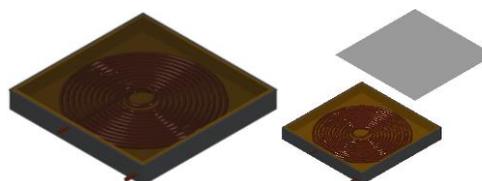
MATERIAIS E MÉTODOS

A seção a seguir apresenta o projeto detalhado de uma placa solar para aquecimento de água, cuja finalidade é viabilizar melhorias de um coletor existente para um coletor com mudanças geométricas em relação à tubulação, juntamente com métodos experimentais para verificar a maior captação e conversão da energia solar.

Como o objetivo da aplicação deste protótipo é para fins residências, possui como propósito a diminuição do consumo de energia elétrica. Diante disso, o projeto foi desenvolvido com componentes acessíveis, para facilitar a manutenção ou reposição de peças.

O projeto inicial foi desenvolvido em uma plataforma CAD. Abaixo é apresentada a perspectiva do projeto estudado (Figura 6).

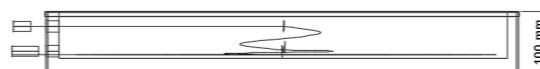
Figura 6 – Perspectiva isométrica.



Fonte: Próprio autor.

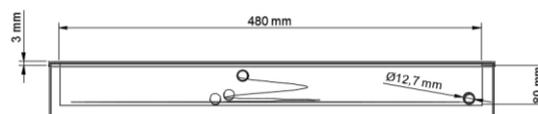
Para detalhar o projeto foram elaboradas as vistas com cotas da perspectiva na figura 7, 8 e 9. Segue respectivamente a vista lateral, frontal e planta.

Figura 7 – Vista lateral.



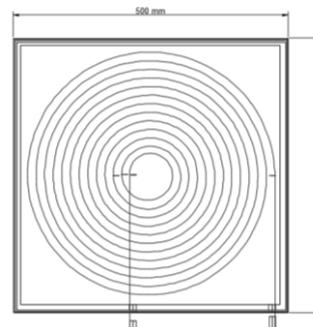
Fonte: Próprio autor.

Figura 8 – Vista frontal.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9 – Planta.



Fonte: Próprio autor.

A caixa do coletor foi fabricada a partir de uma chapa de zinco de dimensão 60 x 60 cm. O processo de

união das abas da caixa foi realizado através da soldagem com estanho (Figura 10). O segundo passo é colocar a lã de vidro no fundo e nas bordas da caixa do coletor a fim de isolar e minimizar a troca térmica de dentro da placa para o meio ambiente, garantindo uma máxima eficiência (Figura 11).

Figura 10 – Caixa coletora. Figura 11 – Lã de vidro.



Fonte: Próprio autor.



Fonte: Próprio autor.

Finalizadas tais etapas, um grande desafio foi acoplar o tubo de cobre dentro da caixa de zinco. O fato de o cobre ser flexível, mas não completamente maleável, exigiu certo esforço para conformá-lo em espirais concêntricas. É realizado um par de furos em um dos lados da caixa para a passagem dos tubos de entrada e saída de água, que serão posteriormente acopladas às mangueiras com isolantes (Figura 12).

Figura 12 – Acoplamento do tubo de cobre.



Fonte: Próprio autor.

Para ligar a placa solar com o reservatório utilizou-se mangueiras com comprimento de 30 centímetros, revestidas com espuma elastomérica. O vidro foi fixado a quatro cantoneiras em esquadro através do uso de silicone. Essa junção foi posteriormente acoplada à caixa, finalizando a primeira parte da construção (Figura 13).

Figura 13 – Espuma, mangueira e vidro da placa solar.



Fonte: Próprio autor.

Para o reservatório usou-se polietileno revestido com isopor. De forma a analisar a eficiência da placa solar, é necessário um levantamento de dados em relação ao reservatório, que fornece, através da leitura de termômetros, as temperaturas de entrada e saída da água e o tempo de equilíbrio térmico do sistema (Figura 14).

Na segunda etapa utilizou-se uma pintura com tinta preta nos tubos, para garantir a máxima absorção de energia (Figura 15).

Figura 14 – Reservatório. Figura 15 – Coletor solar.



Fonte: Próprio autor.



Fonte: Próprio autor.

Para se obter resultados satisfatórios da eficiência térmica do coletor solar, apresentado nesse trabalho, utilizou-se uma placa convencional para realizar uma amostra de dados comparativos das temperaturas adquiridas nas mesmas condições meteorológicas. A imagem abaixo apresenta o coletor solar adquirido no mercado brasileiro (Figura 16). E por fim, os testes foram realizados com os dois coletores em condições ambientes iguais (Figura 17).

Figura 16 – Coletor solar convencional



Fonte: Próprio autor.

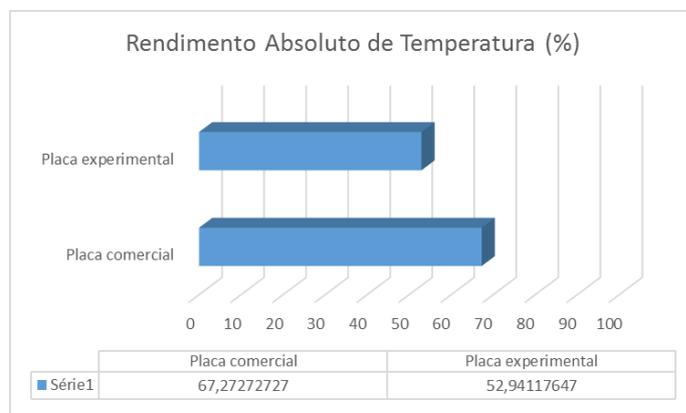
Figura 17 – Local de testes.



Fonte: Próprio autor.

absolutos de temperatura, de ambos os coletores, são apresentados abaixo, na figura 19.

Figura 19 – Rendimento absoluto de temperatura

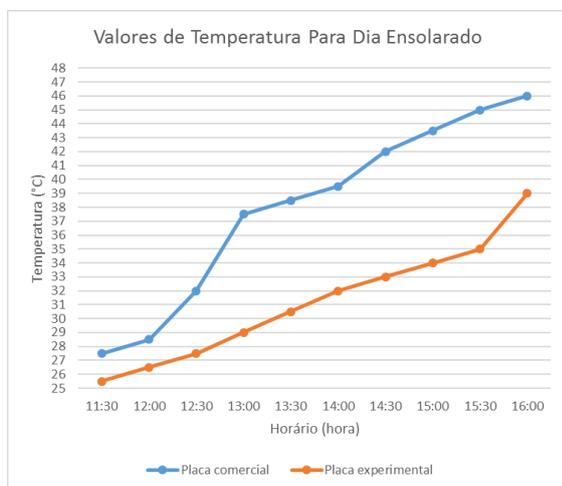


Fonte: Próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os coletores solares foram ensaiados operando em circulação natural, sob condições climáticas referentes a um dia ensolarado. A figura 18 apresenta os valores de temperatura registrados em um período de 4,5 horas, com intervalo de medição de 30 minutos. São apresentados os valores iniciais, intermediários e finais de ambos os coletores, comercial e experimental.

Figura 18 – Valores de temperatura para dia ensolarado.



Fonte: Próprio autor.

A análise da eficiência térmica quantitativa entre a temperatura inicial e final de cada placa foi realizada. A placa comercial apresentou temperatura inicial de 27,5°C, no horário de 11h30min horas, e final de 46,0°C, às 16h00min horas. Já a placa experimental registrou temperatura inicial de 25,5°C, às 11h30min horas, e final de 39°C, às 16h00min horas da tarde. Os rendimentos

O estudo de viabilidade está relacionado à análise que prevê o sucesso ou fracasso de um projeto, utilizando parâmetros empíricos ou conceituais. A viabilidade técnica faz referência à capacidade de um material ser executável, ou seja, ao grau de dificuldade/facilidade de construção do projeto, disponibilidade de materiais e recursos técnicos para sua execução.

Nesse sentido, pode-se afirmar que a aquisição dos componentes para construção do coletor em estudo é de fácil acesso, considerando que todos os itens foram adquiridos em, praticamente, uma região. Quanto à construção, houve alguns desafios, porém superados com auxílio de conhecimento técnico básico, o que permitiu melhores resultados relacionados às características visuais e de performance.

A viabilidade econômica está relacionada com os recursos financeiros disponíveis para realização do projeto e do quanto este trará de retorno, ou seja, faz menção ao seu custo-benefício.

Para realizar a análise do consumo em KWh/mês foi considerado um chuveiro de classe D, por se adequar melhor a regiões de climas médios a quentes como nas regiões centro-oeste e nordeste, segundo o INMETRO, da Marca Lorenzetti, 3 Temperaturas, modelo Maxi Banho (Quadro 1).

Quadro 1 – Consumo de energia elétrica – chuveiros elétricos.

CLASSES DE POTENCIA	POTENCIA (W)	UTILIZAÇÃO
A	P ≤ 2.400	PREFERENCIALMENTE, REGIÃO DE CLIMAS MAIS QUENTES, COMO A REGIÃO NORTE
B	2.400 > P ≤ 3.500	
C	3.500 > P ≤ 4.600	
D	4.600 > P ≤ 5.700	PREFERENCIALMENTE, REGIÃO DE CLIMAS MÉDIOS A QUENTES, COMO AS REGIÕES NORDESTE E CENTRO-OESTE
E	5.700 > P ≤ 6.800	
F	6.800 > P ≤ 7.900	PREFERENCIALMENTE, REGIÃO DE CLIMAS MAIS FRIOS, COMO AS REGIÕES SUL E SUDESTE
G	P > 7.900	

Fonte: INMETRO, 2016.

Nos cálculos foram utilizados valores padrões de uma família de quatro pessoas, considerando o tempo médio do banho de oito minutos e um banho por dia (CIRRA, 2009).

Para a análise econômica foi utilizado uma fatura de energia elétrica atualizada de uma residência comum com quatro moradores. Nesses cálculos foram considerados os valores com e sem os impostos, com dados fornecidos pela CELG (Companhia Elétrica de Goiás). O valor total da fatura excluindo as taxas de iluminação pública e as taxas de bandeira foi R\$ 132,81. O valor do KWh com os impostos foi de 0,71405 e sem os impostos foi de 0,424541.

Baseado nessas análises, o chuveiro elétrico representa 47,31% do custo de energia elétrica de uma residência. Segundo Figueiredo, a temperatura média utilizada em um chuveiro é de 40,06°C no verão e 51,67°C no inverno. Levando em consideração que a água aquecida pelo coletor projetado atingiu um nível de calor aceitável, pode-se utilizá-lo para esta finalidade, reduzindo assim o consumo e consequentemente o custo final da energia elétrica em uma residência familiar.

Para obter-se um comparativo entre o coletor convencional comercializado e o construído, os dados computados foram dispostos no Quadro 2:

Quadro 2 – Quadro comparativo

	Placa Solar	
	Comercializada	Experimental
Análise Econômica	R\$ 350,00	R\$ 243,45
Análise Geométrica	1 m ²	0,25 m ²
Análise de Troca Térmica	0,07 m ²	0,176 m ²
Eficiência Térmica	67,27%	52,94%

Conforme observado no quadro, constatou-se que economicamente, a placa experimental apresentou redução de custo de 30%. Para a análise geométrica, a placa experimental se mostra 75% menor. Em relação à troca térmica, a área de contato foi 60% maior. A eficiência da placa experimental foi inferior à da placa comercial, 52,94% e 67,27%, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A placa experimental apresentou desempenho satisfatório, alcançando valores de temperatura considerados ideais para aplicações residenciais, que são, afinal, o foco deste estudo. A água morna é a melhor opção para o banho. Considera-se água morna ao redor dos 30°C, 24°C é fresca, e a partir de 38°C é considerada quente. (BUSTO, 2014).

Ambas as placas apresentaram temperaturas ideais para um banho, enquadrando-se nas especificações de água quente. A placa experimental apresentou rendimento térmico de 58,94%, alcançando temperatura final de 39°C. A placa comercial apresentou rendimento e temperatura final superiores, 67,27% e 46°C, respectivamente.

A escolha de materiais alternativos e acessíveis resultou na redução em 30% do custo final bruto para a construção do protótipo, quando comparado ao valor pago na placa comercial. Deve-se salientar que para aplicações reais, o ideal seria a substituição dos componentes de zinco por alumínio, em vista das vantagens que o último apresenta em relação à durabilidade.

A desvantagem no uso de um coletor solar com trocador de calor em espiral apresentou-se na menor velocidade de aquecimento da água, em comparação com os trocadores de tubos paralelos.

As eficiências de ambos os coletores em um dia ensolarado, como esperado, foram superiores aos valores obtidos em um dia parcialmente nublado. Na placa experimental houve queda de 20,86% de rendimento, já na comercial a queda foi de 38,24%.

Fica como sugestões para trabalhos futuros, analisar a influência da inclinação do coletor solar de acordo com a variação da posição do sol. Analisar a interferência dos reservatórios de água no que condiz ao rendimento geral do sistema de aquecimento. Desenvolver uma curva que relaciona o rendimento térmico de um coletor solar com trocador de calor em espiral ao longo dos diferentes meses do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. AROUCA, Aline Marques Moraes. **Influência do material, tipo de escoamento e proteção transparente sobre o desempenho do coletor de um aquecedor solar de baixo custo**. 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – Minas Gerais. 2010.
2. BAPTISTA, Alessandra Sleman Cardoso. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no nordeste do Brasil**. 2006. 141f. Dissertação (Mestrado em ciências em planejamento energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006. p. 5.
3. BUSTO, Marta C. **14 erros frequentes que cometemos no chuveiro**. El Pais. 2014. Disponível em: <http://brasil.elpais.com/brasil/2014/09/11/sociedad/1410436046_401755.html> .Acesso em 01 nov 2016.
4. CELG. **Tributos aplicáveis**. 2016. Disponível em: <https://www.celg.com.br/arquivos/paginas/institucional/tarifa_2016.pdf>. Acesso em 30 out 2016.
5. ENERGIATECSOLAR. **Informações e conhecimentos sobre geração de energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. Disponível em: < <http://energiatecsolar.com.br/aquecedor-solar/#sthash.aTmWKGjY.dpbs> > Acesso em: 29 de abril de 2016.
6. FIGUEIREDO, José Carlos A. de. **Recuperador de Calor para Chuveiros Elétricos**. 2006. Disponível em< <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081218144313-EFE16-0934.pdf>>. Acesso em: 30 out 2016.
7. INMETRO. **Tabela de consumo de energia elétrica - chuveiros elétricos**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf>>. Acesso em 30 out 2016.
8. LOURENÇO, I. J. **Estudo de um Sistema de Aquecimento de Água Híbrido Gás-Solar**. Dissertação de Mestrado, PROMEC, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 2000.
9. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha Energética Brasileira**. Disponível em <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02++Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016++Ano+Base+2015+\(PDF\)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;jsessionid=B415252F7145EC1BD6596B2C8137D1B8.srv155?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02++Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016++Ano+Base+2015+(PDF)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;jsessionid=B415252F7145EC1BD6596B2C8137D1B8.srv155?version=1.0)>. Acesso em 02 de novembro de 2016.
10. MORO, Talita Simonetti; ALFARO, Adriane Theodoro S. **Apresentação do projeto Aquecedor Solar – integrando desenvolvimento sustentável e qualidade de vida**. Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, Tecnologia em Gestão Ambiental – Ponta Grossa – Paraná. 2008.
11. REIS, Marcus Rafael O.; LEITE, Alvaro A. F.; BARBOSA, Tiago N. **Modelo Teórico de um Coletor Solar de Placa Plana Mesclando Materiais Virgens com Materiais Recilados (CSSR)**. 2011. Trabalho apresentado no XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, Brasil. 2011. p. 10.
12. RENEWABLE ENERGY HUB. **The different types of solar thermal panel collectors**. Disponível em: <<http://www.renewableenergyhub.co.uk/solar->

thermal-information/the-different-types-of-solar-thermal-panel-collectors.html>. Acesso em: 11 de junho 2016.

13. SANTOS, R. R. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica da Instalação de um Sistema de Aquecimento de Água Utilizando Energia Solar.** Monografia de graduação em Engenharia Mecânica, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 2010.
14. SIQUEIRA, Débora A. **Estudo de Desempenho do Aquecedor Solar de Baixo Custo.** Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia, Brasil. 2009. p. 24.
15. SOARES, Janaína Schultz; ANATER, Mônica Joelma do Nascimento; SILVA, Ramon Eduardo Pereira. **Dimensionamento de um sistema de energia solar térmica para o aquecimento de água para utilização em um hotel de médio porte localizado na cidade de Dourados-MS.** Universidade Federal da Grande Dourados – Dourados - Mato Grosso do Sul. 2014.