



DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE COLETOR SOLAR DE BAIXO CUSTO PARA VIABILIZAR ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA

Leandro Linton de Almeida de Araujo, leandroaraujo97@gmail.com¹
Samuel Brito Ramos, samuel.somar.b@gmail.com²

¹Centro Universitário do Distrito Federal – UDF, SHCS Q 704/904 - Brasília, DF, 70390-045

Resumo. Com o constante aumento da demanda em consumo de energia e a busca por energias renováveis, o uso da energia solar tem se tornado um importante diferencial no mercado econômico atualmente para suprir essa necessidade, assumindo um papel de destaque em países desenvolvidos e com uma ascendente requisição em países em desenvolvimento. Diante desse fato, este estudo visa buscar uma alternativa para diminuir o consumo de energia elétrica convencional para aquecimento de água de uso doméstico, como o Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC), difundindo o uso dessa tecnologia e proporcionando um maior acesso a essa fonte de energia limpa e renovável. O conceito é de contribuir nos estudos de aquecedores solares rentáveis, desenvolvendo um protótipo que pode ser construído manualmente, a partir de materiais reutilizados ou de baixo investimento. O coletor solar possui como materiais principais, garrafas PET e tubos de PVC; o reservatório térmico (boiler) revestido com materiais isolantes, como o isopor; e a superfície espelhada elaborada de caixas TETRA PAK que fazem com que aumentem a capacidade de absorção da placa, refletindo os raios solares. Ao final busca-se realizar um estudo de viabilidade de implementação do sistema em uma residência que será baseado nos dados coletados a partir de testes e cálculos realizados de acordo com as normas vigentes da ABNT para esses tipos de instalação.

Palavras-chave: Energia Solar. Aquecimento Solar. Coletor Solar de Baixo Custo.

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2015), constata-se que várias comunidades tem dificuldade de acesso à tecnologia elétrica e de conversão de energia solar em térmica, logo um protótipo de coletor solar de baixo custo poderia ajudar neste desafio.

Com a crescente demanda em consumo energético e a constante busca por energias renováveis a energia solar tem se tornado um importante diferencial no mercado econômico, para suprir essa necessidade. Ela assume um papel de destaque em países desenvolvidos e com uma ascendente requisição em países em desenvolvimento, pois buscam assumir um meio de obtenção de energia de forma sustentável e limpa com inúmeras utilidades para aproveitamento da radiação solar (ONU, 2015).

Os coletores solares visam converter a energia proveniente dos raios de Sol em energia térmica sem a necessidade de impactar o meio ambiente, gerando assim uma energia de forma limpa e sustentável. Eles surgiram no Brasil a partir da segunda metade do século XX e foi na década de 1970 que o aquecimento solar passou a ser desenvolvido para o uso comercial, conforme dados da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA, 2001).

Atualmente com o mercado de coletores solares convencionais consolidados, buscam-se alternativas de melhor custo benefício para maior expansão do uso dessa tecnologia. É nesse contexto que a aplicação de protótipos de Aquecimento Solar de Baixo Custo - ASBC entram como alternativa viável para uma melhor integração social do uso desse sistema, porque, além do custo menor, devido ao uso de equipamento e ferramentas mais rentáveis, deixando-o mais acessível, apresentam facilidades na construção e instalação comparado ao convencional (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

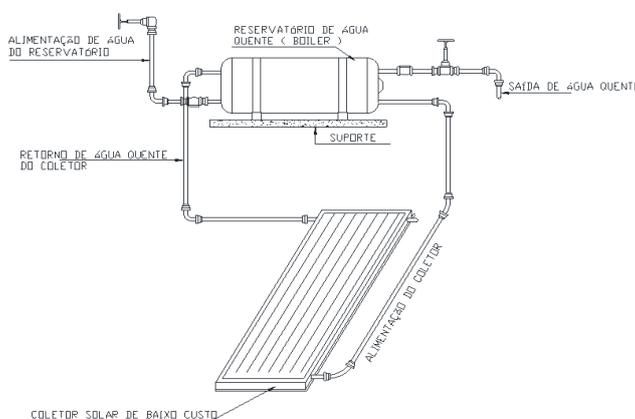
Para fins deste estudo procura-se investigar as condicionantes para o dimensionamento experimental de um coletor solar fabricado com materiais reutilizáveis. O sistema tem por finalidade gerar a conversão de energia solar em térmica, aquecendo um reservatório de água para que possa ser utilizado em âmbito de testes para verificar a viabilidade de um futuro suprimento de água quente em alguma instalação, dispensado a necessidade de um sistema convencional.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução desse trabalho, utilizou-se o método de pesquisa quantitativa, estudos teóricos e fundamentais para cumprirem-se os objetivos estabelecidos. Contudo foram necessários os seguintes materiais para a construção do protótipo “Fig. 1”:

- I. 28 garrafas PET de 2l vazias;
- II. 18 caixas de leite vazias (TETRA PAK™);
- III. 2 tubos de silicone;
- IV. 1 tinta spray preta fosca;
- V. 4m de mangueira ½”;
- VI. 7.5m de cano PVC de 1”;
- VII. 1 caixa de isopor de 42 litros;
- VIII. 140 abraçadeiras plásticas – Nylon 6.6;
- IX. 2 kits de conectores para o encanamento;
- X. 1 termômetro de precisão;
- XI. Serra copo de 1”;
- XII. Lâmina de Papel Kraft.

Figura 1. Esquemático de funcionamento do sistema - software AutoCad Mechanical (Fonte: Própria, 2019)



Parte do material utilizado para esse projeto foi adquirido por meio de recolhimentos em estabelecimentos comerciais como, por exemplo, as garrafas PETs e a caixa de isopor, que em uma situação comum seriam descartados por bares e restaurantes. Os tubos e as conexões utilizadas foram doados pelo laboratório de hidráulica do Centro Universitário do Distrito Federal (UDF) e os materiais complementares necessários para a construção foram adquiridos ou eram de posse dos colaboradores dessa pesquisa.

Para construção do coletor “Fig. 2”, as vinte e oito garrafas foram cortadas, sendo que seis delas retiradas as duas extremidades, duas tiveram a parte superior e duas as partes inferiores cortadas. As dezoito garrafas restantes foram partidas verticalmente e também foi necessário retirar suas extremidades para servirem como suporte para os refletores. As garrafas que tiveram somente as extremidades retiradas foram encaixadas umas nas outras formando dois tubos, aquelas que tiveram somente a extremidade inferior ou superior removidas, foram acopladas uma em cada ponta do tubo e as emendas coladas com silicone. Assim, formando dois barriletes com 90cm de comprimento e 8,5cm de diâmetro.

Figura 2. Protótipo do coletor montado (Fonte: Própria, 2019)



As caixas TETRA PAK™ foram cortadas na vertical e divididas em duas partes para serem posteriormente coladas com cola quente nos suportes de garrafas pet com sua parte espelhada (interna) voltadas para os tubos de PVC a fim de refletirem os raios solares e aquecer a água com a maior eficiência possível.

Após cortar cinco tubos de PVC com 145cm de comprimento e 2,5cm de diâmetro cada, juntamente com os barriletes, todos foram pintados com tinta spray na cor preto fosco, para aumentar a absorção de calor. Sucessivamente, serão feitos cinco furos em cada um dos barriletes com a broca serra copo, onde foram encaixados e colados com silicone os tubos PVC. Quatro furos foram realizados, um em cada extremidade dos refletores de TETRA PAK™ para fixá-los nas tubulações através de abraçadeiras plásticas. Dois conectores feitos com tampas de garrafa PET e pontas de torneiras adaptadas foram confeccionados para conectar hidraulicamente o coletor solar com a caixa de isopor com função de reservatório (boiler), anteriormente furada, através de uma mangueira para as aberturas de entrada e saída de água.

Esse reservatório feito de isopor possui baixa condutividade térmica sendo ideal para ser utilizado como isolante e tem baixo custo. No entanto, apesar dessas qualidades, o material é pouco resistente as ações do tempo sendo necessário envolvê-lo com um revestimento de proteção.

Devido a posição geográfica do Brasil, a melhor posição para instalar o coletor solar é voltando a sua face para o norte, pois o sol nasce ao leste e à medida que o dia passa ele vai se inclinando para o norte e se põe ao oeste, o que aumentará a incidência de luz solar na placa, caso sua face esteja voltada para o norte. Levando em consideração a norma NBR 15569 vigente da ABNT, para realizar o experimento, o coletor solar foi posicionado com uma inclinação de +10° a respeito da latitude do local da instalação. No caso específico do experimento o local escolhido foi Guara-DF, latitude: 15°49'48.36"S, longitude: 47°59'17.49"O, portando, resultou-se em uma inclinação de 25° em relação ao solo, e com azimute de 0° NV (Norte Verdadeiro).

Após a instalação realizada, utilizando um termômetro de precisão será coletado o dado da temperatura inicial da alimentação de água do reservatório. As medições serão repetidas em intervalos de uma hora no decorrer total de quatro horas de funcionamento para se comprovar o aumento da temperatura da água no boiler.

Para coleta das informações de radiação solar média anual e temperatura média anual foi utilizado um software chamado RETScreen de gerenciamento de energia limpa destinado a analisar a viabilidade de projetos de eficácia energética, energias renováveis e de cogeração, o qual informa, também, o desempenho energético de forma contínua.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O experimento foi realizado com um período de tempo de quatro horas, das 11h às 15h do dia 18 de maio de 2019. Com a instalação do coletor solar, o reservatório foi conectado hidraulicamente através da mangueira e enchido com água.

Utilizando o termômetro de precisão foi medido a temperatura do ambiente e da água no reservatório durante o período do experimento. Os valores são apresentados na “Tab. 1”.

Tabela 1. Variação de temperatura do protótipo (Fonte: Própria, 2019)

Horário (h)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Água do Boiler (°C)	Aumento de Temperatura (%)
11:00	26	24,8	0%
12:00	26	27,3	10,08%
13:00	26	32,5	31,05%
14:00	26	35,9	44,76%
15:00	26	38,4	54,84%

Os dados coletados de radiação solar média anual e temperatura média anual foram retirados conforme abaixo:

- Radiação diária solar média anual do local: 4,92 KWh/m²/dia (fonte: RETScreen);
- Temperatura do ar média anual do local: 22,1°C (fonte: RETScreen);
- Temperatura água fria de alimentação coletor: 24,8°C (tabela 1);
- Temperatura máxima alcançada pelo coletor: 38,4°C (tabela 1);
- Variação de temperatura: 13,6°C;

As características físicas do protótipo de coletor solar de baixo custo são apresentadas, conforme “Tab. 2”.

Tabela 2. Dimensões do sistema (Fonte: Própria, 2019)

COLETOR SOLAR		
Dimensões da placa	Largura	1 m

	Altura	1,5 m
	Área da placa	1,5 m ²
	Volume da placa	13,8 l
Dimensões do reservatório	Largura	0,4 m
	Comprimento	0,3 m
	Altura	0,35 m
	Volume do reservatório	42 l
Volume total do sistema		55,8 l
Massa do sistema		55,8 Kg

Utilizando a equação do calor ($Q = mc\Delta T$), para $C_{H_2O} = 4,186 \text{ KJ}/(\text{Kg} \cdot \text{K})$, a “Tab. 2” que possui o valor de $m_{H_2O} = 55,8 \text{ Kg}$ e a variação de temperatura $\Delta T = 13,6^\circ\text{C}$, demonstrado a partir da tabela 1, o calor produzido pelo coletor é de $Q = 317,67 \text{ KJ}$.

A partir da equação potência ($P = \frac{Q}{T}$), onde $Q = 317,67 \text{ KJ}$ e $t = 4 \text{ h} = 14400 \text{ s}$ (Tab. 1), a potência produzida pelo coletor é $P_{coletor} = 0,2206 \text{ KW} = 220,6 \text{ W}$, onde considerando um período de funcionamento de um mês por 8 horas por dia, a $P_{coletor/mês} = 52,93 \text{ KWh/mês}$.

Conforme a norma os ensaios devem ser conduzidos antes e após o meio dia solar, devido a este motivo, somente após às 11h os procedimentos iniciais foram adotados e foi dado início ao experimento. As quantidades de radiação solar durante o experimento foi um pouco escassa, mesmo assim, o protótipo teve um desempenho satisfatório conseguindo aumentar a temperatura da água em $13,6^\circ\text{C}$ em um período de quatro horas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os níveis de radiação solar no início da manhã não foram suficientes para realização do teste. Devido a este motivo, somente após às 11h do dia 18 de maio de 2019, quando o Sol se mostrou mais radiante, os procedimentos iniciais foram adotados e foi dado início ao experimento. Embora as quantidades de radiação solar disponível durante o dia do experimento foram escassas, o coletor solar construído a partir de material reciclado teve um desempenho satisfatório conseguindo aumentar a temperatura da água em $13,6^\circ\text{C}$ em quatro horas.

Pelos dados coletados e os resultados obtidos é possível afirmar que 3 coletores solares seriam suficientes para suprir a necessidade de consumo de água quente de um núcleo familiar de 4 pessoas, necessitando de uma superfície de instalação de $4,5 \text{ m}^2$ e diminuindo, assim, o consumo de energia elétrica.

Durante o processo de fabricação foram observadas algumas dificuldades, tais como, fixação e vedação das tubulações e dos barriletes e a necessidade de um suporte para manter a placa em uma posição estável e segura. Por não possuir uma proteção adequada para a superfície espelhada, a durabilidade e eficiência do coletor poderão ser reduzidos, devido a exposição aos efeitos da natureza. Vale ressaltar, também que, a longo prazo, torna-se necessário um estudo para elaboração de um sistema de proteção para a superfície espelhada sem prejudicar sua exposição aos raios solares a fim de aumentar a vida útil do sistema.

A instalação de um coletor solar construído com materiais recicláveis poderia contribuir para os objetivos do desenvolvimento sustentável (objetivo 7, ONU 2015) proporcionando o acesso a uma fonte de energia independente às classes sociais menos favorecidas, devido ao seu baixo custo de construção e implementação. Ao final, concluiu-se que o objetivo proposto foi alcançado com resultado satisfatório, diante do exposto fica a possibilidade de aperfeiçoamento e implementação do sistema proposto.

6. BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. 10184: *Coletores Solares Planos para Líquidos. Determinação do Rendimento Térmico*, Método de Ensaio, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15569: *Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Elétrico Direto: Projeto e Instalação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO. Disponível em: <<http://abrava.com.br/>>. Acesso em: 18 de março de 2019.
- DO SOL, Sociedade. *Manual De Manufatura E Instalação Experimental Do-Asbc-Aquecedor Solar De Baixo Custo*. São Paulo: Sociedade do Sol, 2009.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, *Programa Luz para todos*. Disponível em: <<https://www.mme.gov.br/luzparatodos/asp/>> Acesso em: 10 de abril de 2019.

ONU – Organização das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em:
<<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/r>> Acesso em: 10 de abril de
2019.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.