

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM COLETOR SOLAR DE BAIXO CUSTO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA

Felipe Marques Santos¹, Prof. Dr. Rogério Gomes de Oliveira², Matheus Vercka Novak³

¹Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)/ Campus Araranguá/ Engenharia de Energia/ felipemarquesms@hotmail.com

² UFSC/ Campus Araranguá/ Engenharia de Energia/ rogerio.oliveira@ararangua.ufsc.br

³ UFSC/Campus Araranguá/ Engenharia de Energia/ matheus_vercka@hotmail.com

Resumo: Avaliou-se o desempenho de um coletor solar de baixo custo (ASBC) para aquecimento de água na cidade de Araranguá – SC. O ASBC é um aquecedor de água construído com tubos e forros de PVC, ao invés de tubos de cobre, como nos aquecedores tradicionais. Este equipamento foi desenvolvido pela ONG Sociedade do Sol e teve uma versão com algumas adaptações construída no campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina. A avaliação do desempenho foi feita coletando valores da temperatura ambiente e da água antes e depois do processo de aquecimento e utilizando esses dados para fazer uma comparação entre a quantidade de energia consumida para elevar a temperatura da água da condição ambiente até a considerada ideal para o banho – neste caso admitida como 40°C – e da temperatura da água depois de ser aquecida pelo ASBC até a ideal. No site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foram obtidos valores de velocidade e direção do vento, quantidade de chuva, bem como da radiação solar incidente em Araranguá, e assim foi observada a influencia do clima no desempenho do ASBC. O valor da radiação obtido do INMET foi corrigido por um modelo matemático para fornecer o valor incidido na superfície inclinada do coletor, que era de 40°, valor este determinado pela latitude da cidade onde se encontra instalado o equipamento com o acréscimo de 10°. A eficiência do ASBC variou entre 10 e 20% ao longo do ano e com a economia gerada durante o período de estudo, estima-se que entre 24 e 30 meses, recupere-se o investimento de R\$300,00 feito na construção do aquecedor. Considerando uma vida útil de 10 anos, de acordo com o informado pela Sociedade do Sol, é possível concluir que a instalação do aquecedor na cidade analisada é viável.

Palavras-Chave: aquecimento de água, energia solar, construções sustentáveis, ASBC.

1 INTRODUÇÃO

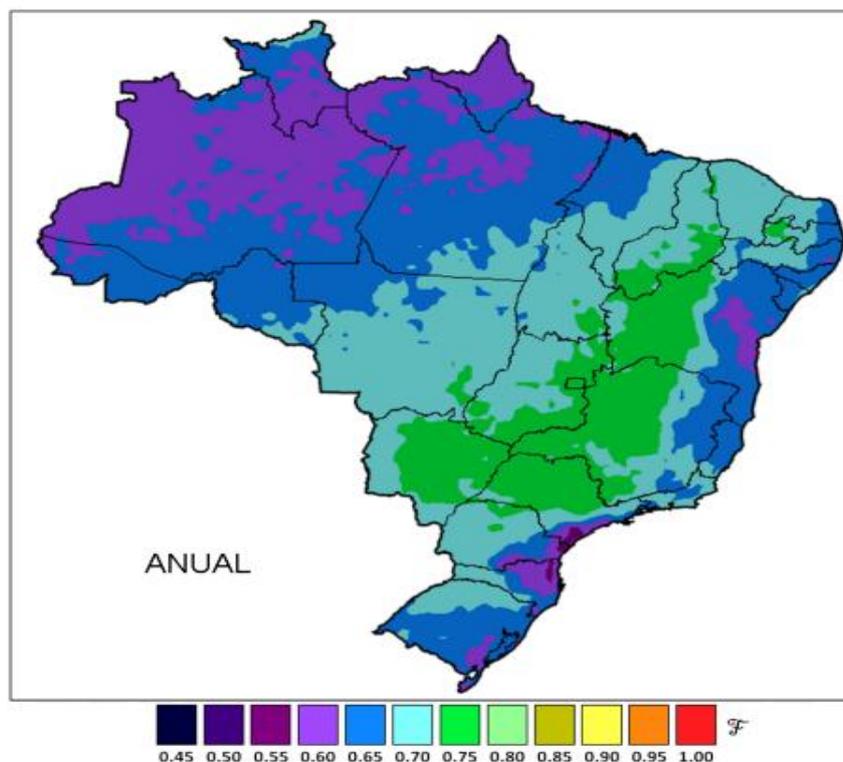
A garantia de abastecimento energético em uma sociedade com níveis de consumo de energia crescentes é um dos grandes desafios a ser superado nos próximos anos. A incerteza sobre qual tecnologia possa efetivamente substituir os combustíveis fósseis vem impulsionando pesquisas em diversas áreas do conhecimento, e impulsionou a criação de cursos de graduação como a Engenharia de Energia. Esse curso tem por objetivo preparar seus alunos para trabalhar com o uso das diversas formas de fontes energéticas, e sob este cenário, iniciou-se em 2010 um projeto de extensão com alunos do curso de Engenharia de Energia do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina, visando disseminar a construção e uso de um aquecedor de água residencial por energia solar, cuja principal característica é seu baixo custo de produção.

A utilização da energia solar se justifica devido ao fato do Brasil possuir um alto nível de insolação por estar localizado em uma região tropical do globo terrestre.

Dados referentes a utilização da energia solar para aquecimento de água por coletor solar de placa plana estão representados nos mapas e gráficos a seguir que foram retirados da dissertação de Passos (2011).

O mapa da figura 1 mostra a fração solar no Brasil, que é um índice indicador do quanto de energia solar pode ser utilizada para substituir a energia elétrica no aquecimento de água. O índice varia de zero a um, com o valor um representando a total substituição de energia elétrica por aquecimento solar e zero representando o aproveitamento nulo. Neste mapa, é possível observar que o Brasil possui uma média em torno de 0,7, valor que pode significar boa contribuição na economia de energia para o aquecimento de água.

Figura 01- Fração solar do Brasil

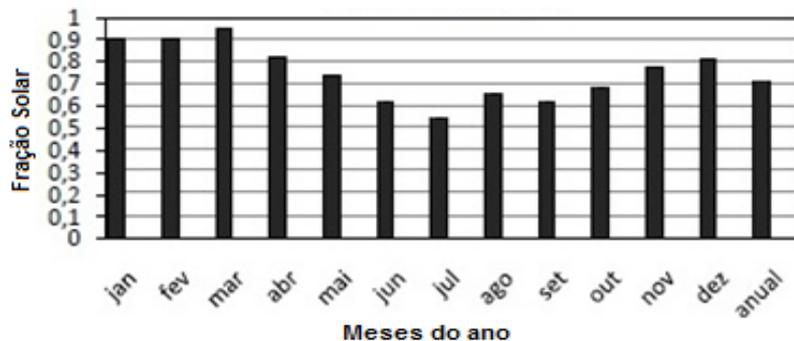


Fonte: (Passos, 2011)

Passos (2011) analisou o rendimento de um sistema que contém um aquecedor solar de placa plana com apoio de um chuveiro elétrico. A figura 2 mostra a fração solar para este sistema na cidade de Florianópolis, e percebe-se que em grande parte do ano é possível obter um bom índice, chegando perto da substituição total da energia elétrica por aquecimento solar em alguns meses.

Os resultados apresentados nas figuras 1 e 2 foram obtidos considerando-se um coletor solar de placa plana, do tipo mostrado na figura 3.

Figura 02 - Fração solar do sistema composto por aquecedor e chuveiro elétrico em Florianópolis



Fonte: (Passos, 2011)

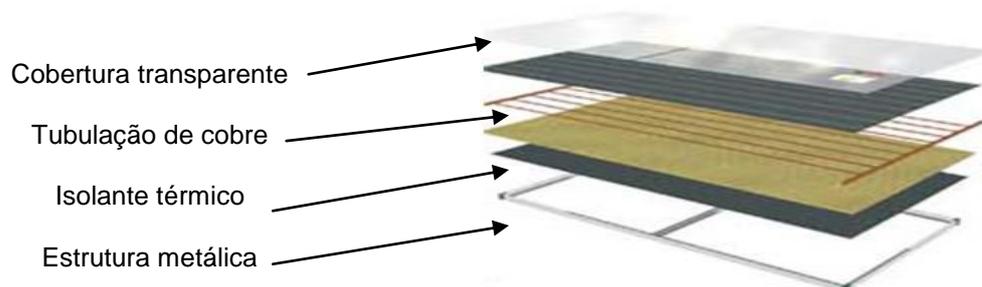
Figura 06 - Coletor solar convencional



Fonte: www.fibratec.com.br

A estrutura desse aquecedor é composta por partes metálicas, a região responsável por transferir calor para a água é produzida de cobre e, visando a redução das perdas de calor, a placa recebe um isolamento térmico e uma cobertura transparente na superfície voltada para o sol, como é mostrado na figura 4. Estas características garantem um bom desempenho do equipamento, bem como uma vida-útil mais longa quando comparada com o aquecedor de baixo custo.

Figura 03 - Vista explodida do coletor solar de placa plana



Fonte: www.ecogenesisbr.blogspot.com.br

O ASBC apresentado na figura 5 possui estrutura de PVC e não tem cobertura sobre a placa coletora. A construção do aquecedor se baseou no protótipo desenvolvido pela ONG Sociedade do Sol⁵ e devido as características descritas, o ASBC possui

⁵ www.sociedadedosol.org.br

maiores perdas de calor por convecção na superfície do coletor, e portanto, menor eficiência. Outro problema causado pela falta de cobertura é a ausência de efeito estufa na região entre a placa coletora e a cobertura transparente, que normalmente ocorre nos coletores convencionais e que resulta em um melhor aproveitamento da radiação.

Figura 04 – ASBC



Neste trabalho foi feito uso de uma placa coletora como da figura acima – com dimensões de 1m x 1,5m, a qual possui capacidade de elevar a temperatura de 100 litros de água entre 10°C e 15°C na maioria dos dias de céu limpo e com a presença de sol – para avaliar a eficiência no aquecimento da água e a economia monetária que pode ser obtida com a utilização do aquecedor solar de baixo custo na cidade de Araranguá.

2 METODOLOGIA

O trabalho de coleta dos dados utilizados na análise do desempenho e da economia foi baseado no monitoramento da temperatura da água no reservatório e na coleta de dados meteorológicos da cidade de Araranguá – SC.

O monitoramento da temperatura foi feito colocando termômetros em três diferentes pontos do reservatório, em alguns pontos do aquecedor e também no ambiente em volta ao ASBC em momentos distintos ao longo do dia.

Os dados meteorológicos relacionados à temperatura, insolação, velocidade do vento e quantidade de chuva da cidade de Araranguá, foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET⁶, e serviram para verificar como as condições meteorológicas influenciam no desempenho do sistema.

Os dados foram coletados em dias aleatórios de cada mês, procurando manter a média de três dias por semana para que fosse possível ter uma boa aproximação das condições do tempo nas quatro estações do ano. Nem todos os meses foram registrados devido ao transporte do equipamento para diferentes cidades onde foram ministradas palestras e minicursos, impedindo assim a coleta dos dados.

⁶ www.inmet.gov.br

Para obter uma estimativa da eficiência do sistema, foi feito uso de um modelo matemático para a correção da radiação incidente na superfície do coletor, pois o mesmo foi montado com uma inclinação de 40° (SANTOS, 2012). O modelo utilizado⁷ está descrito na Eq. (1), onde R_{coletor} é a radiação desejada incidente na superfície inclinada, $R_{\text{horizontal}}$ é a radiação obtida junto ao INMET e os valores de α e β são respectivamente o ângulo de elevação solar e a inclinação do coletor a partir da horizontal. Nesta equação R_{coletor} e $R_{\text{horizontal}}$ são dados $\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}$.

$$R_{\text{coletor}} = \frac{R_{\text{horizontal}} \text{sen}(\alpha + \beta)}{\text{sen}(\alpha)} \quad (1)$$

O ângulo de elevação α é obtido através da Eq. (2). Nesta equação ϕ é a latitude e δ é o ângulo de declinação.

$$\alpha = 90 - \phi - \delta \quad (2)$$

O ângulo de declinação δ é obtido através da Eq. (3), onde a variável d representa o dia do ano:

$$\delta = 23,45^\circ \text{sen}\left(\frac{360}{365}(284 + d)\right) \quad (3)$$

A simulação de consumo de energia elétrica para aquecimento de água em uma residência foi feita através do cálculo da quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 100 litros de água da condição ambiente até o máximo de 40°C, que foi considerada a temperatura de conforto para o banho. Este cálculo foi realizado utilizando a Eq. (4), em que c , representa o calor específico da água em $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, m representa a massa dada em kg e ΔT a variação de temperatura em K.

$$Q = mc\Delta T \quad (4)$$

De forma semelhante, foi feito o cálculo do consumo de energia com a utilização do aquecedor de baixo custo. A temperatura inicial neste caso deixou de ser a temperatura ambiente e passou a ser a temperatura da água após o aquecimento pelo ASBC. Deste modo, o aquecedor realizou a função de pré-aquecer a água utilizada no banho e reduziu a quantidade de energia utilizada pelo chuveiro para elevar a temperatura da água até 40°C. Em alguns dias ocorreu da água ficar com temperatura acima de 40°C após passar pelo ASBC, então nestes dias foi evitado o gasto com chuveiro elétrico e numa situação real o banho seria tomado com temperatura acima da considerada ideal ou seria preciso fazer a mistura da água aquecida com água de temperatura inferior para atingir uma condição de conforto.

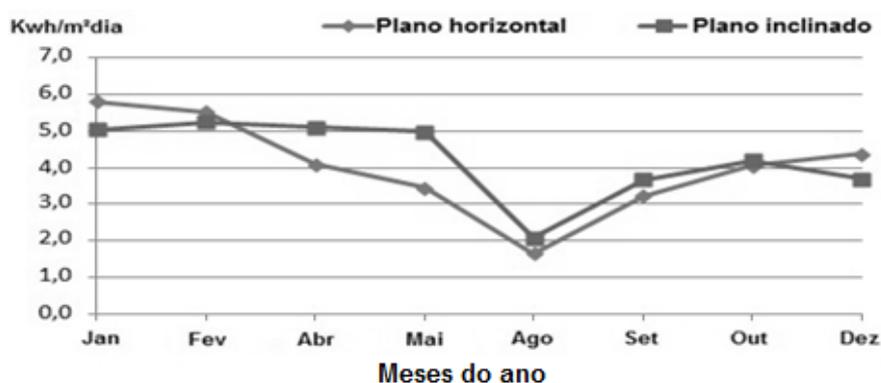
⁷ http://www.solar.udel.edu/ELEG620/02_Solar_radiation09.pdf

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode ser visto no gráfico da figura 6, a radiação no plano inclinado nos meses de verão foi menor que no plano horizontal, porém nos demais meses do ano, o plano inclinado recebeu mais radiação. A radiação no plano inclinado foi utilizada para avaliar a eficiência do coletor solar de baixo custo.

Os valores apresentados são as médias dos dados obtidos durante cada mês, sendo que a cada dia foi feito um somatório das medições que ocorreram entre as 9 e as 17 horas.

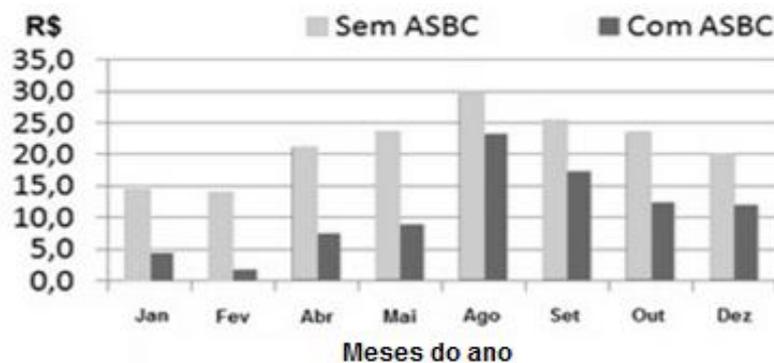
Figura 05 - Radiação incidente no coletor solar



Dos meses analisados, foi observado que nos meses quentes, compreendendo a faixa entre dezembro a maio, a utilização do aquecedor se mostrou viável, conseguindo elevar a temperatura da água até a temperatura estabelecida como ideal para o banho na maior parte dos dias analisados. Este comportamento resultou em uma redução média de 67% do consumo da energia utilizada para efetuar o aquecimento.

Por outro lado, nos meses com temperaturas mais baixas, contabilizados aqui como agosto, setembro e outubro, foi observada uma menor economia, com a redução do consumo de energia em torno de 31%.

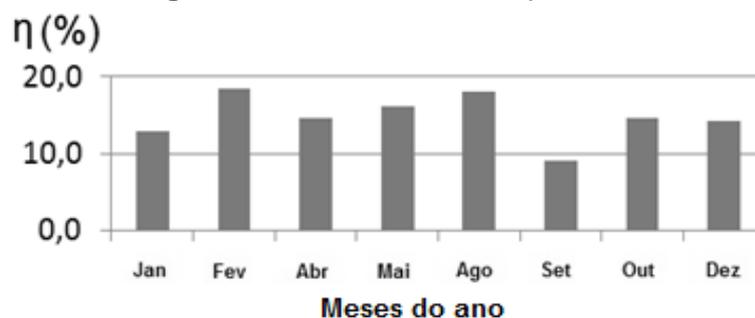
O gráfico da figura 7 mostra o gasto financeiro com o aquecimento da água em cada mês analisado. O cálculo do valor gasto foi realizado fazendo uma média dos dias com coleta de dados e posteriormente multiplicando esse valor por 30, estimando assim o consumo e a economia mensal. Como era esperado, houve uma redução nos gastos com energia elétrica em todos os meses.

Figura 06 - Gasto com aquecimento

A economia total obtida durante os oito meses de estudo foi de R\$82,00, o que é uma boa redução de gastos, tendo em vista que deveriam ser considerados mais quatro meses para uma análise anual completa. Este valor corresponde a aproximadamente um terço do valor investido na construção do aquecedor e mostra que o investimento deve ter retorno entre 24 e 30 meses, proporcionando algo em torno de 8 anos de lucro se o ASBC atingir o tempo de vida de 10 anos estimado pela Sociedade do Sol (SOCIEDADE DO SOL, 2008).

O gráfico da figura 8 mostra os valores médios de eficiência do coletor, para cada mês. A eficiência média do coletor foi calculada com a Eq. (5).

$$\eta = \frac{\text{Eq.(4)}}{\text{Eq.(1)} \times \text{Área da placa}} \quad (5)$$

Figura 07 - Eficiência do aquecedor

O sistema apresentou eficiência em torno de 10 a 20%, correspondendo à menos da metade da eficiência de um aquecedor solar de placa plana convencional, que é cerca de 45% (STRUCKMANN, 2008). Essa diferença é explicada pela diferença dos materiais utilizados na construção de cada equipamento, bem como a própria estrutura, onde o ASBC visa o baixo custo e o aquecedor convencional visa o melhor desempenho.

Um dos fatores que contribui para a redução do desempenho do coletor é a ausência de uma cobertura que faz com que as perdas de calor por convecção sejam elevadas, principalmente em uma região como Araranguá, que registrou velocidades

médias de vento durante as horas em que os dados foram coletados de 3,42 m/s ao longo do ano, com picos de 12 m/s. O desempenho do sistema como um todo poderia melhorar se houvesse isolante térmico no reservatório e nas tubulações que conduzem a água para minimizar as perdas do sistema devido à troca de calor por convecção.

Com base nos resultados obtidos durante o tempo em que foram coletados os dados, é possível dizer que a instalação do equipamento ASBC na cidade de Araranguá – SC é viável, sendo esta uma boa alternativa para redução no consumo de energia elétrica, bem como uma forma de utilizar materiais recicláveis, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

PASSOS, Luigi Antonio. **Uma estimativa dos impactos técnicos e econômicos da agregação do aquecimento solar de água nos domicílios brasileiros**. Florianópolis 2011. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, Felipe M.. **Manual Descritivo para Construção do ASBC**. Araranguá: UFSC, 2011. 26p.

SOCIEDADE DO SOL. **Manual experimental de instrução de manufatura e uso do Asbc de porte médio para agricultura e entidades assistenciais**. São Paulo. 2008. 7f.

STRUCKMANN; Fabio. **Analysis of a Flat-plate Solar Collector**. Lund, Suécia. 2008. 4f. Departamento de Energia e Ciências, Faculdade de Engenharia, Universidade de Lund.