

Placas Fotovoltaicas Refrigeradas a Água e a Possibilidade de Cogeração Elétrica e Térmica⁽¹⁾.

Alencar Migliavacca⁽²⁾; Claudivana Sistherenn⁽³⁾; Lisa Karen Zaki⁽³⁾; Marcelo Lorensetti⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Edital Universal 12/2013, da Pró Reitoria de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação.

⁽²⁾ Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico; Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Chapecó; alencarfisica@gmail.com

⁽³⁾ Estudantes do Curso de Engenharia de Controle e Automação; Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Chapecó; clau-sistherenn@hotmail.com; lisakaren@terra.com.br;

⁽⁴⁾ Estudante do Curso de Engenharia Elétrica; Universidade Comunitária Regional de Chapecó – Unochapecó; marcelolorensetti@gmail.com.

RESUMO: A energia solar é caracterizada como fonte inesgotável, limpa e renovável. Assim, é considerada uma alternativa energética muito promissora para enfrentar os desafios da expansão da oferta de energia com menores impactos ambientais. As aplicações práticas da energia solar podem ser divididas em energia solar térmica, que está relacionada basicamente aos sistemas de aquecimento de água, a energia fotovoltaica, visto que é um processo de aproveitamento da energia solar para conversão direta em energia elétrica com a utilização dos painéis fotovoltaicos, e ainda a energia fotovoltaica térmica, formada pela combinação de ambas as energias citadas acima, que promove a cogeração de energia por meio dos coletores térmicos aumentando a eficiência dos sistemas, fato que resulta na geração de eletricidade e água aquecida. Considerando a importância desta fonte de energia e a possibilidade de cogeração, bem como a redução da potência gerada em uma placa fotovoltaica devido à elevação da temperatura de operação, o trabalho propõe o acoplamento de trocadores de calor às placas fotovoltaicas com o intuito de elevar o rendimento fotovoltaico com aproveitamento da energia térmica extraída.

Palavra Chave: Energia Solar. Energia Térmica. Energia Fotovoltaica.

I. INTRODUÇÃO

Devido à dificuldade de implantação de usinas de grande porte pelos impactos decorrentes de sua instalação, passou-se a incentivar as pequenas usinas de geração alternativa de energia, que minimizam impactos ao meio ambiente e possuem menor valor agregado. Uma forma de melhorar o rendimento das gerações energéticas renováveis é complementar a matriz energética a partir da energia solar.

As reações de fusão no núcleo do Sol geram energia inesgotável, disponível e sem custo, o que torna a energia solar “limpa e renovável”.

Atualmente existem diversas formas de utilização da energia solar com as mais variadas aplicações. Muitas pesquisas acerca desta fonte de energia estão sendo realizadas, o que aumenta o leque de tecnologias e aplicações, já que constitui a principal fonte de energia de nosso planeta. Nestes estudos, a utilização da energia solar para o aquecimento de água e para geração fotovoltaica de energia elétrica são os principais meios alternativos em relação a esta fonte inesgotável de energia.

Dentre as principais aplicações da energia solar, podemos citar o uso residencial para o abastecimento de energia elétrica ou aquecimento de água, tanto em locais conectados à rede quanto em locais isolados. Outra possível aplicação ocorre em algumas rodovias que estão sendo equipadas com radares abastecidos por energia solar, cada qual com uma placa coletora o que vem trazendo

bons resultados na redução de custos para as concessionárias de energia elétrica.

Placas solares podem ser aplicadas em aviões sendo capazes de armazenar esta energia em baterias internas. Os satélites utilizam a energia solar para manter-se funcionando em suas órbitas em torno da Terra. Com uso náutico a energia solar é essencial para o funcionamento de veículos e boias sinalizadoras bem como equipamentos eletrônicos que utilizam baterias e pilhas recarregáveis.

Os painéis solares fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter a energia solar em energia elétrica. São compostos por células solares, também chamadas de células fotovoltaicas, já que convertem fótons de luz incidentes em energia elétrica pelo efeito fotovoltaico. Quando atingidas pela radiação solar, as células solares criam uma diferença de potencial elétrico (ddp) que gera uma corrente elétrica se o circuito for fechado entre duas camadas de materiais semicondutores que são previamente dopadas.

Segundo Benito (2011), essa tecnologia consegue o máximo rendimento energético que varia de 13% a 18% dependendo do material utilizado. Em sua constituição normalmente é utilizado o Silício (Si), sendo um dos materiais mais abundantes na crosta do planeta.

Também chamados de coletores solares, as placas térmicas diferem do painel fotovoltaico por utilizarem a energia proveniente do sol para aquecer um fluido e não para gerar eletricidade diretamente.

De acordo com Marques (2008), o coletor solar é um dispositivo que converte a radiação solar incidente em calor útil. Calor esse que pode ser utilizado para aquecimento de água ou de ambientes. Outras aplicações a altas temperaturas podem surgir apenas variando-se o fluido circulante no sistema considerado.

O coletor solar é o principal componente do sistema de aquecimento solar, visto que absorve a energia solar convertendo-a em energia térmica e transferindo-a para um determinado fluido. O fluxo deste fluido no interior da placa térmica e no reservatório pode ocorrer por diferença de densidade (efeito termossifão) ou por circulação forçada (através de bombas).

Na circulação por termossifão, a radiação solar incide sobre a cobertura que compõem a parte superior no coletor solar, penetrando no interior do mesmo. A diferença de densidade entre a água quente e a água fria garante a circulação da água no coletor, visto que, acima de 4°C em Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), quanto maior a temperatura do fluido menor é a sua densidade. À medida que a água se aquece nas colunas do coletor, a mesma sobe para a parte superior do reservatório, pressionada pela água fria, que por ser mais densa flui para a parte inferior.

Nos sistemas por circulação forçada o coletor fica acima da caixa do reservatório, assim é necessário fazer-se uso de uma motobomba ativada por um termossensor para fazer com que a água quente retorne ao reservatório ou caixa. Desta maneira, assim que a água nos coletores atingir a temperatura preestabelecida, o termossensor aciona a motobomba, efetuando a troca da água quente pela água fria no coletor e desligando a motobomba logo em seguida, até que o aumento da temperatura acione novamente o termossensor. Esse ciclo se repete enquanto a radiação solar for suficiente para o aquecimento da água.

Tendo em vista as devidas funções das placas térmicas e placas fotovoltaicas, a combinação entre ambas atribui-se o nome de placas PVT (Placa Fotovoltaico-Térmica), as quais promovem a cogeração de energia por meio dos coletores térmicos, resultando na geração de eletricidade e aquecimento de água de forma simultânea.

A combinação de ambos os sistemas permite grandes vantagens como a minimização da área de instalação, o que resulta em maior eficiência de conversão energética na mesma área de captação. Torna-se atraente também para o caso de apresentar grande aquecimento da água com possibilidades de aplicação em residências no uso de banhos e água aquecida.

Placas PVT são objeto de estudos, principalmente nas áreas de recursos energéticos renováveis se desenvolvendo com uma considerável redução da área de captação e aumento do rendimento na geração de energia.

De acordo com Chow, Tiwari e Menezes (2012), os primeiros estudos teóricos e experimentais da PVT foram documentados, já em

meados de 1970. Apesar de a validade técnica ter sido concluída prematuramente, só nos últimos anos que ela ganhou ampla atenção.

Hoje em dia, modelos de placas fotovoltaicas de vários tamanhos e capacidades de geração, assim como coletores solares são comercializados em amplo mercado. Porém, mais restrita é a comercialização de equipamentos que trabalham com a geração elétrica e térmica (cogeração) de maneira simultânea.

Além de não poluir o meio ambiente, e com sua utilização diminuir o uso de energias poluentes, a produção de energia elétrica e o aquecimento d'água através das placas PVT torna-se uma saída inteligente na complementação da matriz energética, principalmente em locais com boa insolação e pouca disponibilidade de espaço.

O principal entrave para a difusão desta tecnologia está no fator econômico, devido ao custo dos equipamentos para construção e manutenção.

As tecnologias mais difundidas hoje para o aquecimento de água utilizam sistemas convencionais a gás ou eletricidade. Apesar de apresentarem baixo custo de implantação quando comparados às placas PVT, estes sistemas tornam-se dispendiosos devido à grande energia demandada.

Além disto, se considerado o valor mensal gasto em Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) ou de energia elétrica e, considerando que o abastecimento solar é gratuito, estima-se que a recuperação do investimento inicie-se após o terceiro ano de utilização. Só posteriormente, é que se amortiza o investimento por completo, mantendo apenas uma despesa mínima com manutenção e com energia auxiliar em locais onde o clima e o inverno são mais frios.

II. METODOLOGIA

O presente trabalho iniciou-se com um vasto levantamento bibliográfico por meio de conceitos teóricos sobre energia solar fotovoltaica e térmica, estudos sobre o Sol e sua composição, propagação da energia solar e instrumentos de medição. Foram realizados estudos sobre trocadores de calor e possível acoplamento às placas fotovoltaicas.

A partir de estudos anteriores com placas PVT, definiu-se a confecção de uma estrutura para o acoplamento das placas fotovoltaicas e posterior comparação do rendimento de três delas, a partir da temperatura de operação. Uma delas deverá operar sem refrigeração e duas delas com diferentes sistemas de trocadores de calor.

A estrutura utilizada como suporte foi pensada para acondicionar placas fotovoltaicas da marca CE e modelo SSA10W-12, cujas dimensões são (350x290x18) mm gerando uma potência de pico individual de 10W (18V, 0,56A) e que opera entre as temperaturas de -40°C e 85°C. Na escolha destas PV levou-se em consideração o custo, disponibilidade e tamanho para fácil manuseio do equipamento.

A partir desta definição, elaborou-se o planejamento e a devida ilustração do projeto do suporte para as placas através do software de Desenho Computadorizado “Solidworks”. A construção se deu com barras tubulares de aço (20x20) mm e soldadas com eletrodo a arco voltaico. Para um melhor acabamento e mobilidade foram realizadas pintura e acrescentadas rodas de silicone. A estrutura também prevê um encaixe com angulação variável para diferentes períodos do ano, possibilitando a adequação da superfície das placas perpendicularmente aos raios solares incidentes.

O Suporte mostrado na Figura 1 foi projetado para abrigar sobre ele um reservatório de água, a qual permanecerá a uma determinada altura acima do local de entrada d'água na placa, tudo para que o sistema realize circulação por termossifão sem a necessidade de motobombas.



Figura 1 – Suporte para as placas fotovoltaicas em processo de construção. Fonte: arquivo pessoal dos autores.

As placas fotovoltaicas serão dispostas sobre o suporte de tal forma que, duas delas tenham anexados os trocadores de calor e uma delas possa operar sem refrigeração.

Para adequar os trocadores de calor às placas PV foram realizados projetos de corte e fresamento de sulcos em chapas de nylon. Este processo é mostrado na Figura 2 à esquerda. Desta forma os sulcos poderiam acolher a tubulação de cobre e também permitir a passagem de água internamente à chapa de inox.

As chapas de nylon foram utilizadas com o objetivo de auxiliar no isolamento e passagem da água no anverso das placas fotovoltaicas. Visto que elas foram planejadas, projetadas, e submetidas a ensaios, no software “Solidworks” para realizar-se de modo correto as cavitações serpentinas em um de seus lados.

Após o processo de planejamento, a ilustração do software “Solidworks” foi adaptada/transferida ao software “Edgecam”, que realiza a conversão do projeto ilustrado em linguagem de máquina, sendo utilizado no processo de usinagem da placa na Fresadora de Controle Numérico Computadorizado (CNC).

Na placa PVT 1, que pode ser visualizada na Figura 2 parte central, o trocador de calor era composto do nylon, uma tubulação de cobre, uma

camada de pasta térmica e uma chapa de inox para fixação do sistema.

Considerando a elevada condutividade térmica do cobre, utilizou-se deste material para a confecção de serpentinas com tubos de 8 mm de diâmetro, afim de que fosse acoplado no interior da cavitação do primeiro modelo de placa térmica fotovoltaica. Assim, a água poderá fluir, retirando calor da placa fotovoltaica sem riscos de vazamento. Sobre a serpentina de cobre e parafusada ao nylon foi acoplada uma chapa de 1mm de inox.

Na Placa PVT 2 foi feito o mesmo procedimento da primeira com a preparação do nylon, mas nesta, não foi colocada tubulação de cobre, sendo que o fluxo de água fica em contato direto com a chapa de inox e em seguida com a parte posterior da placa fotovoltaica.

A única diferença entre os trocadores de calor acoplados foi que, no primeiro, instalou-se uma serpentina de cobre e, no segundo, esta não existe, sendo que a vedação foi feita entre a chapa de inox e a placa de nylon, apenas com silicone.

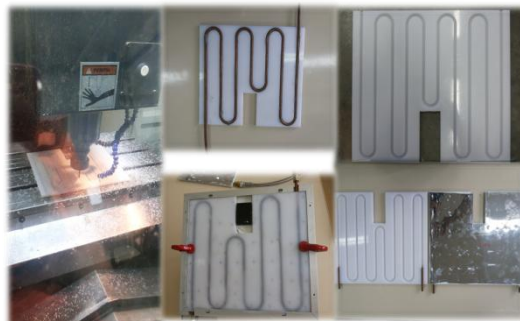


Figura 2: Processo de desenvolvimento dos trocadores de calor e acoplamento destes às placas fotovoltaicas. À esquerda processo de fresa em CNC. Ao centro montagem do trocador 1 e à direita montagem do trocador 2, sem o uso de cobre. Fonte: arquivo pessoal dos autores.

A refrigeração das placas PVT foi feita com água através de um reservatório de 20 litros disposto sobre o suporte e acima das placas. Do reservatório foram acopladas mangueiras hidráulicas de teflon que foram conectadas às extremidades inferiores das placas com retorno do ciclo nas partes superiores das mesmas. Esta diferença de altura ocasiona o ciclo da água pelo sistema por efeito da diferença de pressão.

Durante a operação, as três placas ficam expostas ao Sol onde recebem a mesma irradiação solar. A temperatura, a tensão (ddp) e a corrente elétrica de cada placa são monitoradas a cada cinco minutos e, delas será extraída a potência gerada de cada placa de acordo com a temperatura de operação.

No processo de leitura e armazenamento destes dados, foi necessária a aquisição de componentes específicos como um “Arduino MEGA”, que tem a função de programação e controle dos componentes em questão; “Displays LCD”, para demonstração dos resultados obtidos

nas medidas; sensores de Temperatura “LM35”, para a medição de temperatura; sensores de tensão e corrente, para a medição de tensão e corrente das placas; “Shield Micro SD”, para que fosse possível o armazenamento dos dados obtidos.

Para montagem do sistema elétrico ainda foram necessários à compra de módulos relés, capacitores, resistores, fontes, reguladores de tensão, conectores, transistores e também fios para conexões. Observando que estes componentes foram soldados à placa de circuito impresso para obter um circuito mais organizado e didático, como é a proposta.

Depois de realizadas, as medidas de tensão, corrente e temperatura foram armazenadas através do Arduino MEGA, mais especificamente utilizando a Shield Micro SD, onde é possível a passagem de dados para o computador e deste para arquivos de texto e tabelas de dados. A partir destas tabelas de dados, será possível obter gráficos de temperatura, tensão, corrente e potência das placas, para futuras comparações.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizado o projeto, é possível observar que assim como qualquer produção de protótipos foram encontrados facilidades e dificuldades na conclusão do mesmo.

Na construção do protótipo didático, há uma ampla contribuição por parte da Engenharia de Controle e Automação, observando a relação direta com o projeto e consequentemente com as facilidades encontradas.

Para a parte do suporte didático, várias matérias da graduação foram utilizadas, tais como Desenho Auxiliado por Computador (CAD), Laboratório de Materiais, Processos de Fabricação Mecânicos, Ciência e Tecnologia dos Materiais, Mecânica dos Sólidos, entre outras, as quais contribuíram com a escolha do material utilizado, as medições e atribuições do suporte, inclinações necessárias, desenhos no SolidWorks, soldas, entre outros.

Já na parte de construção dos circuitos elétricos, conhecimentos adquiridos nas matérias como Circuitos Elétricos, Eletrônica e Sistemas Digitais, foram utilizadas para facilitar a realização do mesmo.

Com relação às dificuldades, pode-se observar que certos imprevistos, como os encontrados na usinagem das placas de nylon feitos com a fresadora CNC, a solda e alinhamento do suporte didático, a elaboração e finalização dos circuitos elétricos, quanto à leitura e programação do Arduino, além da montagem nos componentes do suporte didático.

A literatura aponta redução de rendimento com a elevação da temperatura de operação das placas fotovoltaicas, fato que deverá ser comprovado a partir da finalização do protótipo e realização de alguns dias de testes.

IV. CONCLUSÕES

Tendo em vista a redução do rendimento das placas fotovoltaicas pela elevação da temperatura de operação, fato já consolidado na literatura da área, o presente trabalho foi instigado na tentativa de demonstrar experimentalmente, a possibilidade de obter água aquecida para uso doméstico a partir do controle de temperatura e otimização do rendimento das placas fotovoltaicas.

Este trabalho foi executado com o intuito de melhorar, com o resfriamento da placa por meio de um fluido refrigerante (água), este rendimento, concluindo que é possível trabalhar com energia solar com ótimo rendimento e também com aquecimento de água como cogeração.

Observando ser possível sua aplicação residencial, como também industrial. Com a instalação de placas fotovoltaicas sobre os telhados e estacionamentos com seu consequente sistema de refrigeração, obtendo água aquecida para o abastecimento interno.

O artigo demonstrou dados preliminares da construção do protótipo cuja finalização se dará em breve e, assim que concluído, possibilitará a comprovação dos dados levantados na literatura e apresentados em eventos internos. A partir deles, esperamos fazer testes contínuos para futuras publicações.

REFERÊNCIAS

- BARJA, Gabriel de Jesus Azevedo. A Cogeração de sua Inserção ao Sistema Elétrico. Universidade de Brasília: Brasília/DF: Setembro, 2006.
- BASSO, Luiz Henrique. Utilização da Energia Solar em Sistemas de Aquecimento de Água Residencial. Universidade Estadual do Oeste do Paraná: Cascavel, 2008.
- BENITO, Tomás Perales. Práticas de Energia Solar Fotovoltaicas. Editora Plubindústria. Porto, 2011.
- CHOW, T.T.; TIWARI, G. N. e MENEZO C.; Hybrid Solar: A Review on Photovoltaic and Thermal Power Integration. Copyright: 2012.
- DE ABREU, Samuel Luna. Desenvolvimento de um Sistema de Aquecimento Solar Compacto Utilizando Termossifões Básicos. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2003.
- LEVA, Flávia Fernandes. Uma Contribuição Técnica para a Análise e Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos para Pequenos Consumidores com Auxílio Computacional. Universidade Federal de Uberlândia: Uberlândia, 2005.
- MARQUES, Ricardo L.M.R.P., Avaliação da Viabilidade de Colectores Híbridos Fotovoltaicos e Térmicos para Aplicação ao Aquecimento de Águas e Micro Geração de Electricidade. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP: 2008