

Arrefecimento de módulos flutuantes de energia solar

Maria Eduarda de Oliveira Sales ¹
Romana Emanuelle da Silva Galdino ²
Jaianny dos Santos Cabral ³
Wilker Victor da Silva Azevedo ⁴

INTRODUÇÃO

A energia solar, no âmbito da geração de energia, é uma forma de obtenção renovável. A conversão da energia solar em energia elétrica acontece pela ação da radiação solar, luz e calor, em materiais semicondutores presentes nas placas solares, propiciando a ocorrência do efeito termoelétrico, ocasionando a diferença de potencial devido à junção de dois materiais metálicos, e o efeito fotovoltaico, onde os fótons pertencentes à luz solar são convertidos em eletricidade, nas células solares presentes nos módulos fotovoltaicos (ANEEL-Agência Nacional de Energia Elétrica, 20--).

Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes (SFF) têm sido estudados e implementados como alternativa importante em processos de ampliação da eficiência global das plantas de geração. Estes ainda são parcela pequena do complexo de centrais fotovoltaicas. A geração através da conversão da energia solar luminosa em energia elétrica ainda tem amplo potencial no mundo e, em especial, no Brasil. Dados do Banco de Informação da Geração (BIG, 2019) mostram que as Centrais Geradoras Solares Fotovoltaicas (UFV) já representam 1,35% em relação à potência outorgada das unidades em operação (2.269.410 kW). Em relação à potência outorgada para empreendimentos em construção e com construção ainda não iniciada, este patamar tende, brevemente, a aumentar em mais de 200% na matriz de energia elétrica brasileira. Caso se favoreça um ambiente propício do ponto de vista técnico-econômico, de regulação e ambiental o uso de SFFs pode significar expansão efetiva dos empreendimentos na próxima década.

A redução dos patamares de evaporação dos reservatórios aliada à redução da temperatura média dos painéis expõem vantagens. Em reservatórios para irrigação em áreas áridas e semiáridas, a evaporação superficial pode ser reduzida (SANTAFÉ *et al.*, 2013) e, com o aumento dos preços da energia e redução dos custos dos painéis e dos dispositivos periféricos (inversores, estruturas, proteções), os SFFs podem se tornar viáveis e com baixo impacto ambiental. Nos grandes reservatórios, localizados, por exemplo, à montante das usinas para geração hidrelétrica, é possível aumentar a geração global (hídrica + Solar FV) utilizando uma parcela pequena da área do reservatório. Como vantagens adicionais, o aumento da eficiência dos SFFs, o uso da água do próprio reservatório para limpeza dos módulos (SOUSA, 2017).

Há, notadamente, elementos de pesquisa concomitante e recentes como o efeito do sombreamento em relação à biota nos reservatórios, o monitoramento da redução da evaporação, a análise do desempenho global dos SFFs, o acompanhamento e avaliação técnica das variações de temperatura sobre a eficiência dos módulos (comercialmente mais frequentes entre 15~18,5%), além da possibilidade de automatizar a limpeza.

O Brasil possui um dos maiores potenciais fotovoltaicos do planeta (IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018) devido a sua localização ser próxima da linha do

1Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica do IFPE – Campus Garanhuns - PE, jsc3@discente.ifpe.edu.br;

2Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica do IFPE – Campus Garanhuns - PE, meos@discente.ifpe.edu.br;

3Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica do IFPE – Campus Garanhuns - PE, resg@discente.ifpe.edu.br;

4Professor orientador, Mestre em Eng. Elétrica, IFPE - Campus Garanhuns - PE, wilker.azevedo@garanhuns.ifpe.edu.br.

Equador, proporcionando menores variações na duração solar do dia, mesmo em épocas de solstício, em comparação a outros lugares da terra como os polos geográficos (ANEEL, 20--). Com isto, o constante crescimento da produção de energia solar no país, utilizada para a alimentação elétrica de diversas tecnologias em constante evolução, seja em pequena ou grande escala, demandas domiciliares, industriais ou institucionais (universidades, institutos federais, etc), necessitam de parâmetros nominais como tensão elétrica, corrente, potência, entre outros, uma vez que, o arranjo fotovoltaico a ser dimensionado seja suficientemente capaz de suprir tais necessidades.

Estes módulos passam por redução de desempenho na conversão devido a diversos fatores, dentre eles a sujeira presente nas superfícies e o aumento de temperatura destes, em situações comerciais de instalação (FEIJÓO, 2017).

Neste contexto, o objetivo do projeto é apresentar diante destes dois parâmetros um protótipo de Arrefecimento de módulos de energia solar flutuantes que permite aliar a diminuição da temperatura na superfície dos módulos fotovoltaicos, onde estes estão em uma estrutura de baixo custo, sustentando-lhes sobre uma área de água, com um sistema de limpeza automatizado, e sensoriamento de temperatura, irradiação solar e corrente elétrica produzida pela placa. A fim de que haja uma menor taxa da diminuição de perda de eficiência dos painéis de energia solar, em um ambiente real de instalação.

METODOLOGIA

A proposta do projeto apresentado neste texto passou pelas seguintes etapas:

Fundamentação teórica: a partir de estudos elaborados na área, esta fase tratou-se da busca de projetos realizados em outras instituições nacionais, como também estrangeiras, ao que já estivesse sido feito em nível acadêmico em relação a resfriamento (ZANLORENZI et al., 2017) e limpeza dos módulos de energia solar, a fim de que, tal embasamento teórico norteassem os primeiros incrementos e adaptações ao projeto, como um sistema de limpeza autônomo e sensoriamento de parâmetros de temperatura, corrente elétrica e irradiação solar.

Construção da estruturação e circuitos de sensoriamento e limpeza: iniciando pelo estudo da estrutura que seria utilizada para a alocação do painel solar, levando em consideração as forças que agiriam nesta, como as forças de empuxo e peso, uma vez, que esta armação feita com canos de PVC de vinte e cinco milímetros e garrafas PET de dois litros e meio, contando com uma inclinação de cinco graus, está sobre a água em uma piscina de aproximadamente mil litros, em ambiente exposto.

Primeiramente, ocorreu a simulação da montagem dos circuitos de temperatura, irradiação solar e corrente elétrica da placa, em softwares especializados. Posteriormente, realizou-se a montagem iniciada pelo sensor de temperatura, como também dos outros dois sensores seguintes e dos motores CC idealizados no sistema de limpeza da placa, utilizado buchas acopladas a um estrutura de plástico interligada aos motores.

O código para comando do sensoriamento e limpeza autônomo esta em linguagem C para comunicação com o Arduino Uno, com alimentação regulada de cinco volts, utilizando uma bateria de mesma tensão.

Testes para validações: após a montagem da estrutura que recebeu a placa solar e dos circuitos dos sensores e limpeza autônoma, estes passaram por testes de validação a fim de que, sejam implantados no protótipo deste projeto, sem que tragam empecilhos ao decorrer da obtenção dos dados obtidos pelo sensoriamento.

Análise de resultados: em vista dos pontos apresentados, ocorrerá a aferição das informações obtidas de temperatura, irradiação solar, corrente elétrica e limpeza regular como também, um estudo de comportamento técnico do módulo de energia solar através desses parâmetros com possíveis aplicações futuras.

DESENVOLVIMENTO

As células fotovoltaicas são componentes fundamentais dos painéis solares utilizados para a geração de energia elétrica. Tais células são formadas por uma junção PN engendradas de tal forma que promovem a potencialização do efeito fotovoltaico, com a finalidade de aproveitar a luz solar para a conversão e, conseqüentemente, a geração de energia.

Os painéis fotovoltaicos encontrados no mercado, normalmente, possuem uma quantidade de células que varia entre trinta e setenta e duas, que são responsáveis pela geração de uma tensão de Thèvenin e uma corrente de Norton, tecnicamente conhecidos como tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito, respectivamente. Comumente, a tensão de circuito aberto daquelas varia entre 0,5 e 0,8 V, devido as suas características internas. Desse modo, para ampliação dos níveis de tensão, as células são dispostas em vários conjuntos em série, que são colocados em paralelo para aumentar a corrente de curto-circuito.

O material semiconductor que é o responsável por todo esse desempenho é constituído por junções PN. Tais arranjos é formado por lacunas e elétrons livres, que são separados por uma região de depleção. A passagem de corrente elétrica só será permitida dependendo da diferença de potencial na qual as células serão submetidas, como consequência da contração da barreira de potencial, o que decorre do semiconductor em questão que está sendo utilizado. Quando as partículas de luz, os fótons, colidem com os elétrons do material semiconductor, promovem um deslocamento dos mesmos, originando uma corrente elétrica que, dependendo do projeto, são responsáveis pelo carregamento das baterias.

Diante das características suprapresentadas, decorrem algumas especificidades que influenciam de forma negativa as particularidades elétricas dos painéis, haja vista que a temperatura das células e a irradiação solar influenciam diretamente na eficiência dos mesmos, isso porque a corrente de curto-circuito varia de forma linear e proporcional a variação da irradiação, sendo α o coeficiente que a determina. Do mesmo modo, a temperatura altera significativamente a tensão de circuito aberto dos módulos, em que β representa o coeficiente negativo que permite observar essa perda de diferença de potencial a cada aumento de 1°C.

A quantidade de energia do sol que atinge o topo da atmosfera denominada irradiância extraterrestre, é praticamente constante ao longo do ano e possui um valor médio de 1367W/m². Porém pequenas variações podem ocorrer ao longo do ano devido ao movimento de translação da Terra (PINHO; GALDINO, 2014). Além do mais, fatores como a massa de ar e o vapor de água presente no mesmo também acarretam na alteração do módulo da irradiância extraterrestre.

Diante disso, para aumentar a eficiência do módulo, a proposta de solução propõe que o mesmo seja colocado em uma estrutura que proporcione um arrefecimento do painel juntamente com uma limpeza adequada da sua superfície, garantindo que as características nominais como tensão de circuito aberto, corrente de curto-circuito e, principalmente, a potência nominal não sofram variações significativas, seja pelo aumento da temperatura, seja pela irradiação incidente na região.

Portanto, a estrutura que comporta a placa solar foi arquitetada de tal modo que a distribuição da massa fosse bem subdividida, assim como houvesse um equilíbrio entre o empuxo realizado pela água e o peso da estrutura e do módulo. Para ajudar na força de empuxo, foi calculado o número de garrafas PET necessárias para que o equilíbrio fosse mantido. Dessarte, de acordo com Williana Raissa (201?), uma garrafa de dois litros suporta entre 130 e 155 libras. Considerando que a estrutura e a placa solar, juntas, somem dezesseis quilos, então o número de garrafas ficou em torno de dezesseis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura feita de canos PVC e garrafas PET construída para sustentar o módulo fotovoltaico quando colocada para testes teve boa suportabilidade e apresentou pouca instabilidade. O ambiente em que foram realizados os testes foi uma piscina com capacidade de 1000L e formato geométrico retangular para que assim pudesse comportar a estrutura feita e mediante a análise de suportabilidade foi possível verificar que outras estruturas de mesma característica podem ser elaboradas para comportar um número maior de placas.

Os módulos também receberão sensores para aferir temperatura e irradiação sendo eles o LM35 que apresenta uma saída de tensão linear proporcional a temperatura e tem 10mV em sua saída para cada Grau Célsius aferido e o sensor UVM-30A que é capaz de identificar raios UV com tamanho de onda entre 200 e 370nm, os dados serão lidos através do microcontrolador Arduino.

Os sensores utilizados servirão para medir a eficiência do módulo de acordo com a leitura dos dados de temperatura é possível mensurar a geração, pois o valor ideal de temperatura para funcionamento com eficiência entre 17-18% é 25 °C para cada módulo e a cada um grau a mais que essa temperatura eleva-se temos uma perda de 0,46% na potência gerada pelo painel. Já o de irradiação irá nos fornecer os valores reais a que o módulo está sendo submetido.

O sistema de limpeza será acionado através de um par de roldanas acopladas a dois motores CC que serão acionados e desacionados remotamente e as roldanas irão percorrer duas hastes de ferro que foram vinculadas paralelamente as placas. Esse sistema tem a finalidade de automatizar o sistema de limpeza, torna-ló de baixo custo e conseqüentemente gerar melhores valores de eficiência a geração de energia das placas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cerca de metade do petróleo que o planeta possuía originalmente já foi exploradas até hoje. Restam cerca de 1 trilhão de barris a explorar, o que deve se esgotar em cerca de 50 anos. Isso leva os países a prospectar e desenvolver outras opções energéticas (GOLDEMBERG, J.; LUCON, O., 2007).

Nos países em desenvolvimento, a energia solar tem tido como agente impulsionador a sua aplicação para suprir pequenas demandas em áreas isoladas. Com uma parcela significativa da população vivendo na zona rural e ainda sem acesso à energia elétrica e a serviços sociais básicos, o Brasil e diversos outros países encontraram nesta tecnologia uma possível solução. O Prodeem (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios), do Ministério das Minas e Energia, é um exemplo desta utilização (RIBEIRO, C. M. *et al*, 2007).

O Brasil tem uma vantagem significativa sobre os países desenvolvidos no que tange à utilização de energia solar, pois localiza-se numa faixa de latitude na qual a incidência de radiação solar é muito superior à verificada naqueles países. (GOLDEMBERG, J.; LUCON, O., 2007). Como nessa corrida o país está em um dos primeiros lugares, quaisquer incentivo que vise promover e divulgar sistemas que utilizem energias renováveis devem ser lidados com tamanha cautela e importância.

Diante das afirmativas supracitadas juntamente com os resultados encontrados, o presente projeto convergiu para solucionar uma demanda que estava sendo levantada pelos consumidores, visto que a baixa eficiência dos módulos solares estava sendo o pivô para a não escolha e a desaprovacão de um sistema solar, seja ele grid tie ou off grid. Como já

mencionado, a comparação dos dois painéis fotovoltaicos proporcionou analisar e comprovar que o que estava com o sistema de limpeza e sendo arrefecido conseguiu aproveitar mais a incidência da irradiação extraterrestre em sua área, tendo um aumento de 7,69%.

Como proposta para trabalhos futuros, seria de tamanha importância a utilização de garrafas pets de menor porte, haja vista que quanto menor o litro que a mesma comporta, maior a pressão que ela aguenta. Não só por utensílio técnico, mas também pelo quantitativo exorbitante de garrafas jogadas no meio ambiente, segue a proposta.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Energia Solar (Brasil). *In: Energia Solar*. Brasília: Aneel- Agência Nacional de Energia Elétrica, 20---. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: 21 out. 2019.

NASCIMENTO, Raphael Santos. FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO BRASIL: MÉTODOS E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS. *In: NASCIMENTO, Raphael Santos. FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO BRASIL: MÉTODOS E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS*. Maringá-PR: Geziele Mucio Alves, 2016. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf. Acesso em: 21 out. 2019.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO (Brasil). IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL E POSSÍVEIS EFEITOS NO SETOR ELÉTRICO: Texto para Discussão. **VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL E POSSÍVEIS EFEITOS NO SETOR ELÉTRICO**: Texto para Discussão, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf. Acesso em: 31 out. 2019.

PORTAL SOLAR (Brasil). Tudo sobre a Eficiência do Painel Solar. *In: Tudo sobre a Eficiência do Painel Solar*. Brasil, 20---. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>. Acesso em: 21 out. 2019.

FEIJÓO, Guilherme Coelho. Fatores que Influenciam a Geração de Energia Solar (Parte 2). *In: FEIJÓO, Guilherme Coelho. Fatores que Influenciam a Geração de Energia Solar (Parte 2)*. Brasil, 23 fev. 2017. Disponível em: <https://medium.com/@guilhermefeijoo/fatores-que-influenciam-a-gera%C3%A7%C3%A3o-de-energia-solar-parte-2-b0310f02f7c7>. Acesso em: 21 out. 2019.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R.; FILHO, E. R. Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 24, n. 5, p. 1198–1208, 2009. ISSN 0885-8993. Disponível em <<https://www.nipe.unicamp.br/docs/publicacoes/comprehensive.pdf>>. Acesso do em: 26 out. 2019

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. [S.l.]: CEPTEL, 2014. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso do em: 26 out. 2019.

RAISSA, W. Quantas libras suporta uma garrafa pet de 2 litros. Disponível em <<https://brainly.com.br/tarefa/9854213>>. Acesso do em: 26 out. 2019.

RIBEIRO, C. M. *et al.* O contexto das energias renováveis no Brasil. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/direng.pdf>>. Acesso do em: 26 out. 2019.

ZANLORENZI, G. *et al.* Proposta conceitual de um módulo fotovoltaico híbrido com resfriamento por serpentina de água. **Proposta conceitual de um módulo fotovoltaico híbrido com resfriamento por serpentina de água**, São Paulo – Brasil, 24 maio 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/usuario/Desktop/Downloads/zanlorenzi_et_al_academic%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Desktop/Downloads/zanlorenzi_et_al_academic%20(1).pdf). Acesso em: 24 out. 2019.