

ARREFECIMENTO DE MÓDULOS FLUTUANTES DE ENERGIA SOLAR

Jaianny dos Santos Cabral (IFPE) - jsc3@discente.ifpe.edu.br

Maria Eduarda de Oliveira Sales (IFPE) - meos@discente.ifpe.edu.br

Romana Emanuelle da Silva Galdino (IFPE) - resg@discente.ifpe.edu.br

Geronimo Barbosa Alexandre (IFPE) - geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br

Resumo:

A eficiência dos painéis fotovoltaicos é diretamente afetada pela temperatura na qual as células estão submetidas e a radiação solar incidente no mesmo. Em contrapartida, os sistemas constituídos por fontes renováveis vem expandindo seu espaço, materializando uma participação mais significativa na matriz de energia elétrica, aliado a um processo de viabilização econômica à longo prazo. No entanto, há discussões sobre a sua implementação devido a sua variação de eficiência, principalmente, em se tratando da energia solar. Diante dessa perspectiva, por meio de um arrefecimento do módulo fotovoltaico e uma limpeza autônoma adequada da sua superfície, com o propósito de aumentar sua eficiência, foi verificada a taxa de variação de desempenho da placa e comparada com outro painel que não era nem arrefecido, nem limpo. Desse modo, por meio de um levantamento de dados, uma pesquisa quantitativa foi desenvolvida com a finalidade de se obter em quantos por cento a eficiência do painel solar aumentava. Após a coleta dos mesmos, um cálculo simples foi realizado para modularizar em números esse aumento, chegando à conclusão que, por meio de um sistema simples e fácil de ser construído, o usuário pode aumentar a eficiência do seu projeto solar.

Palavras-chave: *Energia Solar, Módulos flutuantes, Eficiência*

Área temática: *Arquitetura e Energia Solar*

Subárea temática: *Energia solar associado ao conforto térmico de ambiente construído*

ARREFECIMENTO DE MÓDULOS FLUTUANTES DE ENERGIA SOLAR

Jaianny dos Santos Cabral - jsc3@discente.ifpe.edu.br

Maria Eduarda de Oliveira Sales - meos@discente.ifpe.edu.br

Romana Emanuelle da Silva Galdino - resg@discente.ifpe.edu.br

Instituto Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Elétrica

Gerônimo Barbosa Alexandre - geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br

Instituto Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. A eficiência dos painéis fotovoltaicos é diretamente afetada pela temperatura na qual as células estão submetidas e pela radiação solar incidente no mesmo. Em contrapartida, os sistemas constituídos por fontes renováveis vem expandindo seu espaço, materializando uma participação mais significativa na matriz de energia elétrica, aliado a um processo de viabilização econômica. Diante dessa perspectiva, por meio de um arrefecimento do módulo fotovoltaico e uma limpeza autônoma adequada da sua superfície, com o propósito de aumentar sua eficiência, foi verificada a taxa de variação de desempenho da placa e comparada com outro painel que não era nem arrefecido, nem limpo. Desse modo, por meio de um levantamento de dados, uma pesquisa quantitativa foi desenvolvida com a finalidade de se obter em quantos por cento a eficiência do painel solar aumentava. Após a coleta dos mesmos, um cálculo simples foi realizado para modularizar em números esse aumento, chegando à conclusão que, por meio de um sistema simples e fácil de ser construído, o usuário pode aumentar a eficiência do seu projeto solar.

Palavras-chave: Energia Solar, Módulos flutuantes, Eficiência.

1. 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, 2011).

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 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, 2011). Com isto, o constante crescimento da produção de energia solar

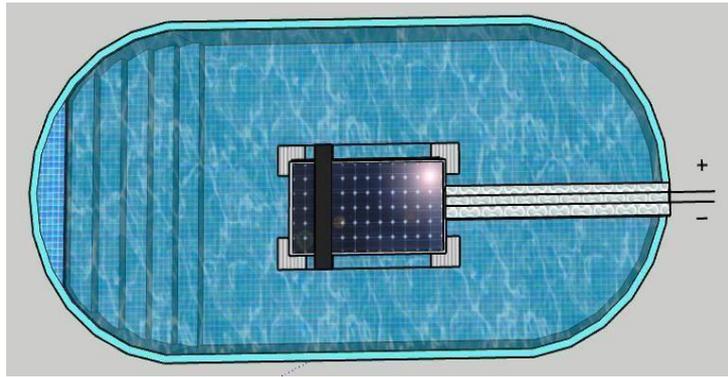


Figura 2 - Simulação da vista superior do projeto proposto

2.2 - 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, conforme a Tab.1, contando com uma inclinação de cinco graus, devido ao maior valor médio anual de irradiação solar no lugar em que a estrutura encontrasse localizada (CRESESB- Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, 2017). Assim, esta estrutura foi alocada sobre a água em uma piscina de 2500 litros, em ambiente exposto.

Tabela 1 – Materiais x Quantidade e custo.

MATERIAS UTILIZADOS	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)
Módulo solar Canadian 37,7 V / 9,23 A / 266 W	1	-----
Cano PVC 25 mm ²	10 m	27,50
Conexão para cano tipo T	18	18,00
Conexão para tipo joelho	8	7,85
Tubo de Cola PVC	1	4,15
Garrafas PET	21	0,00
Chapas de aço 20 x 10 cm	2	35,00
Varão de ferro 3,5 m	1	17,50
Roldanas	2	20,00
Abraçadeira de nylon	100	15,00
Sensores LM35	2	25,00
Sensor Módulo UV	1	39,65
Arduíno UNO	1	44,59
Componentes eletrônicos para circuito de limpeza	-----	10,20
TOTAL		264,44

Primeiramente, ocorreu a elaboração e a simulação do código para os circuitos de temperatura e radiação em software especializado. Posteriormente, realizou-se a montagem dos circuitos de sensoriamento, utilizando dois LM's 35, aptos a operar entre -40°C a 110°C e na faixa de 4 V a 30 V, para medir a temperatura da placa. Seguidamente, empregado um sensor UV Ultravioleta Guva-S12SD, com a temperatura de trabalho entre -30°C a 85°C , para obter a radiação incidente no módulo, conforme a Fig. 3.

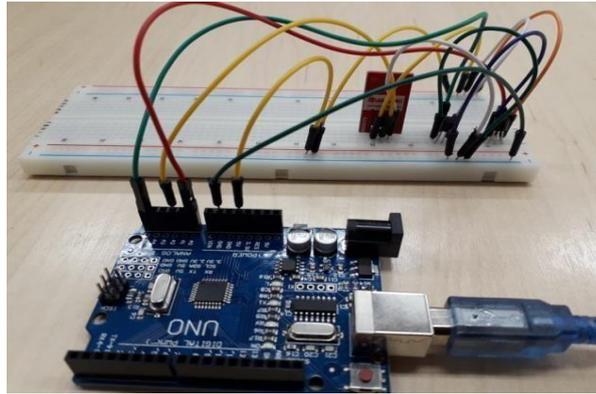


Figura 3 - Circuito de temperatura e radiação solar.

Para o sistema de limpeza, foram utilizados dois motores CC iguais de 12 V, com torque de 78,8 Gf.cm, para o deslocamento das roldanas. Juntamente, com um circuito composto por resistor de mil Ohms, transistor TIP 42 e o transistor 2N3904, ambos utilizados para chaveamento, e um diodo *IR Receiver*, para controle remoto infravermelho dos motores, conforme a Fig. 4. Conjuntamente, utilizando buchas acopladas a uma estrutura de plástico interligada aos motores. De forma, que o sistema de limpeza fosse montado para atuar de forma autônoma na limpeza do módulo.

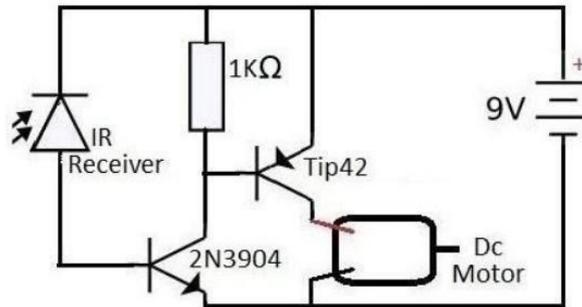


Figura 4 - Circuito de limpeza idealizado

O código para o comando do sensoriamento e limpeza autônoma foi desenvolvido em linguagem C, com o objetivo de comunicação junto ao Arduino Uno. Tendo alimentação fixa de 5V, utilizando uma bateria de mesma tensão acoplada ao sistema.

2.3 - Testes para validações: após a montagem da estrutura que receberia 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 sem que tragam empecilhos ao decorrer da obtenção dos dados obtidos pelo sensoriamento.

O teste para validação da estrutura consistiu em acoplar a placa junto a armação de canos PVC para experimentação e observação do comportamento estrutural desta. Isto ocorreu, uma vez que o sistema estaria sujeito a forças inerentes ao peso da placa, e de empuxo, provocada pela água sobre as garrafas. No caso dos circuitos de sensoriamento, estes passaram por testes onde houve aferição do funcionamento de cada componente, para que posteriormente fossem utilizados no sistema.



Figura 5 - Estrutura final após testes.

2.4 - Análise de resultados: em vista dos pontos apresentados, foi realizada a medição dos dados obtidos de temperatura, radiação solar e limpeza regular, capturados pela plataforma Arduino interligada aos sensores utilizados. Houve também um estudo de comportamento técnico do módulo de energia solar através desses parâmetros com possíveis aplicações futuras.



Figura 6 - Comparação do aumento de tensão com o arrefecimento e limpeza no módulo.

Portanto, o sistema proporcionou um aumento da tensão elétrica de circuito aberto gerada pelo módulo em 35,18%, em comparação ao modo de instalação convencional, no mesmo horário de funcionamento.

3. DESENVOLVIMENTO

Conforme as condições normais de ensaio que são realizadas pelos laboratórios de testes de painéis solares, o mesmo é colocado à prova considerando uma temperatura de 25°C, e as demais características nominais como tensão de circuito aberto, corrente de curto-circuito, e potência são padronizadas. Os módulos solar comerciais utilizados têm eficiência de até 18% para essa temperatura, no entanto, a cada aumento de 1°C, há uma perda de 0,46% na potência gerada pelo mesmo.

Segundo as características apresentadas anteriormente, decorrem algumas especificidades que influenciam de forma negativa as particularidades elétricas dos painéis, haja vista que a temperatura das células e a radiação solar influenciam diretamente na eficiência dos mesmos. Isso ocorre devido a corrente de curto-circuito variar de forma linear e proporcional a variação da radiação, 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.

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 não sofra variações significativas, seja pelo aumento da temperatura, seja pela radiação incidente na região.

Uma das ferramentas que auxilia à eficiência é a inclinação em que se encontra o projeto solar. Tal afirmativa garante uma média anual de maior rendimento dos painéis. Segundo uma pesquisa realizada na CRESESB, o ângulo de inclinação para a cidade de Garanhuns é de 5° para o norte. Diante disso, a estrutura foi construída a partir desse dado.

Para ajudar na força de empuxo, foi utilizado uma quantidade módica de, aproximadamente, vinte garrafas PET, com o propósito de manter o equilíbrio com o peso. Portanto, a estrutura que comporta a placa solar com o sistema de arrefecimento foi arquitetada de tal modo que a distribuição da massa fosse bem subdividida, para que a placa não viesse a afundar.



Figura 7 - Protótipo final.

Conforme a Figura 7, fica evidente a materialização da estrutura da proposta de intervenção.

```

temperatura_e_UV | Arduino 1.8.4
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

temperatura_e_UV

const int LM35 = A0; // Define o pino que lera a saída do LM35
const int LM352 = A5;
float temperatura; // Variável que armazenará a temperatura medi
float temperatur;
float sensor = 0.0;
float raw = 0.0;

//Função que será executada uma vez quando ligar ou resetar o Ar
void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicializa a comunicação serial
}

//Função que será executada continuamente
void loop() {
  temperatura = (float(analogRead(LM35))*5/(1023))/0.01;
  Serial.print("Temperatura S1: ");
  Serial.println(temperatura);
  delay(2000);
  temperatur = (float(analogRead(LM352))*5/(1023))/0.01;
  Serial.print("Temperatura S2: ");
  Serial.println(temperatur);
  delay(2000);
}

Carregado:
O sketch usa 3896 bytes (12%) de espaço de armazenamento para pr
Variáveis globais usam 260 bytes (12%) de memória dinâmica, deix

COM2
Temperatura S1: 29.81
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.14
Temperatura S1: 30.30
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.13
Temperatura S1: 30.30
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.14
Temperatura S1: 30.30
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.14
Temperatura S1: 30.30
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.15
Temperatura S1: 30.30
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.14
Temperatura S1: 29.81
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.15
Temperatura S1: 29.81
Temperatura S2: 30.30
Nivel UV: 0.15
Temperatura S1: 29.81
Temperatura S2: 29.81
Nivel UV: 0.15
Temperatura S1: 29.33
  
```

Figura 8 – Código de monitoramento de dados de temperatura e radiação.

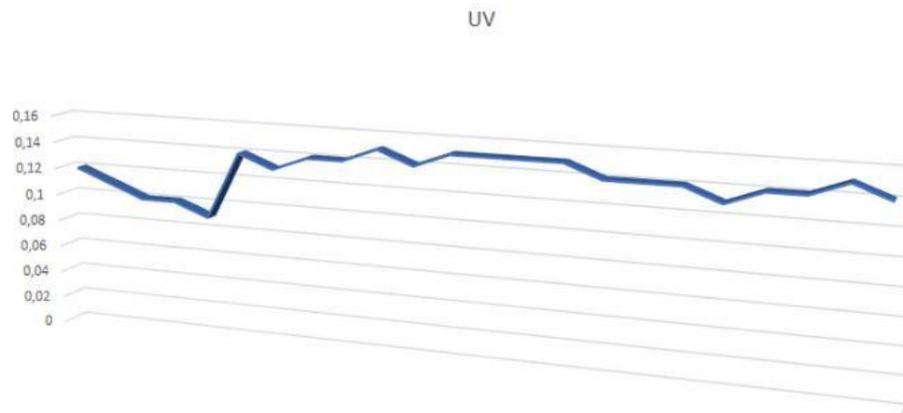


Figura 9 – Monitoramento de dados UV incidentes no módulo.

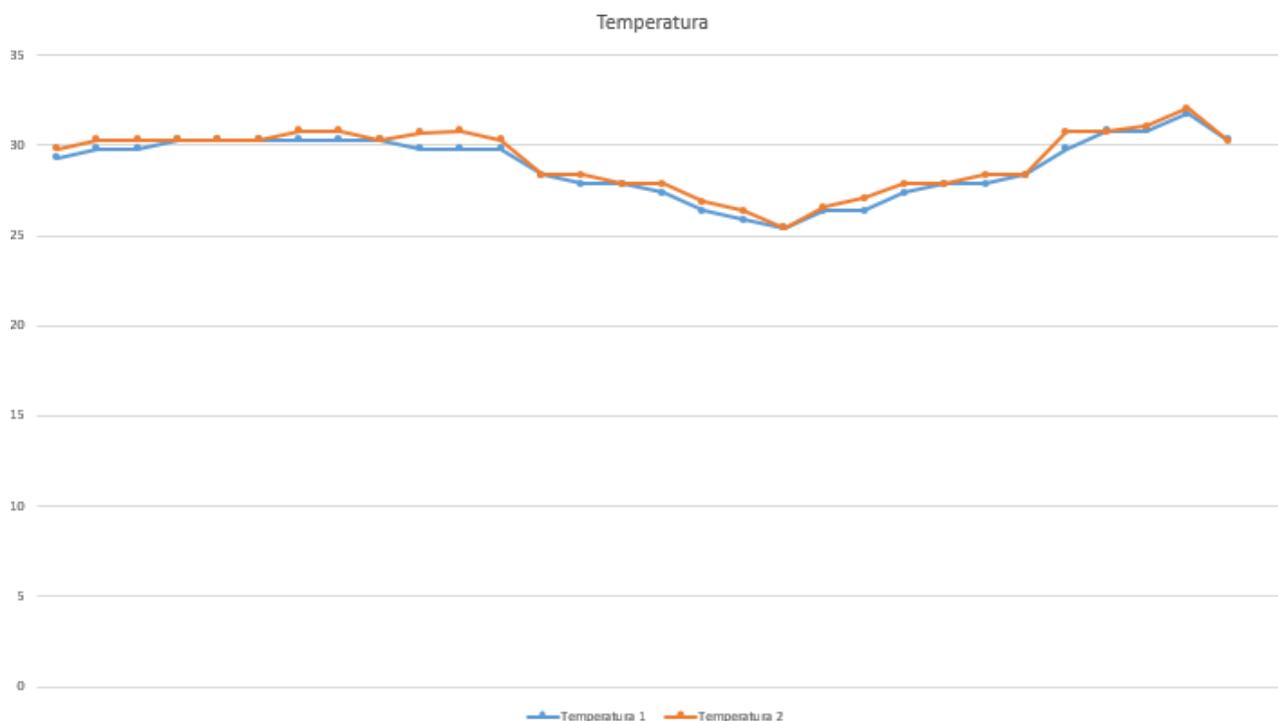


Figura 10 – Monitoramento de dados de temperatura incidentes no módulo.

Em consonância com as figuras 8, 9, 10, os dados de temperatura e radiação foram levantados, em tempo real, e demonstrados pela IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduíno. Os mesmos indicam que após o processo de arrefecimento e limpeza da placa, comparados ao sistema convencional, tinham como consequência um aumento significativo na tensão de circuito aberto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições de tensão de circuito aberto foram realizadas nas seguintes situações: sistema comum; após o processo de limpeza; com arrefecimento; e sistema de arrefecimento e limpeza. Conforme as mesmas foram levantados subterfúgios necessários para a análise e desenvolvimento de dados, para que fosse engendrada uma comparação entre as situações citadas anteriormente, como demonstrado na figura 11. Em epitome, foi verificado que o sistema de arrefecimento associado à limpeza da placa possuía um maior aumento na tensão de circuito aberto, chegando à 35,18%.

Para que o resultado encontrado fosse corroborado, foi construída uma estrutura feita de canos PVC e garrafas PET, com a finalidade de sustentar o módulo fotovoltaico, apresentando uma boa suportabilidade e baixa instabilidade, quando colocada para testes. O ambiente em que foram realizados os mesmos foi uma piscina com capacidade de 2500L, com formato geométrico retangular, para que assim pudesse comportar a estrutura feita. Mediante a análise de suportabilidade, foi possível verificar que outras estruturas, com as mesmas características, podem ser elaboradas para comportar um número maior de placas.

Os módulos também receberam sensores para aferir temperatura e radiação, dentre eles encontra-se o LM35 que apresenta uma saída de tensão linear proporcional a temperatura, isto é, a cada um grau Celsius aferido corresponde a uma diferença de potencial de 10mV. E o UV Ultravioleta Guva-S12SD, que é responsável por identificar raios UV com tamanho de onda entre 200 e 370 mm. Os dados de saída dos sensores são enviados ao Arduíno e lidos através do serial monitor da IDE (*Integrated Development Environment*) do mesmo.

Os sensores utilizados serviram para que fossem coletadas informações que pudessem ajudar na comparação dos sistemas e, por meio destas, realizar cálculos simples que viessem a corroborar a proposta central de intervenção do projeto. Segundo a leitura dos dados do sensor de temperatura, é possível pormenorizar o perfil de geração do sistema. Já o sensor de radiação foi responsável por fornecer, em tempo real, a radiação em que o módulo foi submetido.

O sistema de limpeza foi acionado através de um par de roldanas acopladas a dois motores CC com as seguintes especificações: tensão nominal de 12V; corrente de 0,59A; potência de 4,58W; velocidade (em carga máxima) de 5700 rpm; e torque de 78,8 Gf.cm. Os mesmos foram acionados e desacionados remotamente e as roldanas percorreriam duas hastes de ferro, que foram vinculadas paralelamente à placa. Esse sistema tem a finalidade de automatizar o sistema de limpeza, tornando-o de baixo custo e, conseqüentemente, gerar melhores valores de eficiência a geração de energia das placas.

Conforme com a Tab. 1, estão os materiais utilizados, salvo que o módulo fotovoltaico, a piscina, para simulação, e o ambiente onde foram executados os testes, foram cedidos pela instituição da qual o presente projeto foi realizado.



Figura 11 – Comparação do valor de tensão gerado.

Em consonância com Figura 11, comparando os resultados da tensão de circuito aberto analisados via multímetro, após o processo de arrefecimento e limpeza, houve um aumento de 35,18%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das afirmativas desenvolvidas anteriormente juntamente com os resultados encontrados, o presente projeto proporcionou analisar e comprovar que o que estava com o sistema de arrefecimento e limpeza conseguiu aproveitar mais a incidência da irradiação extraterrestre em sua área, tendo um aumento de 35,18% na tensão de circuito aberto. Além do mais, equiparando o custo total do projeto que, associado à solução proposta, atendeu às expectativas de aplicabilidade e rendimento do módulo. A Fig. 12 mostra um cenário de ganho de tensão de circuito aberto em um possível arranjo fotovoltaico de 10 módulos. Vale salientar que nesse resultado encontrado foi considerado uma variação de 2V devido a variação da radiação e de temperatura diária.

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.

Outrossim, devido a uma parcela significativa da população residir na região de clima semiárido, outra intervenção futura pode ser tomada como implementação deste projeto, a partir do monitoramento da taxa de evaporação do líquido em que está sendo utilizado para o arrefecimento do módulo. Sendo assim, a estrutura pode ser construída com a finalidade de além de sustentação da placa solar, também servir para diminuir a porcentagem de vaporização do líquido em questão.

Além do mais, o processo de limpeza do módulo fotovoltaico associado ao sistema de arrefecimento possui uma grande vantagem em comparação ao sistema comum, havendo um aumento de até 35,18% na tensão de circuito aberto. Considerando que há uma constante de proporcionalidade entre a grandeza anterior e a temperatura das células, as mesmas trabalharão de forma mais eficiente. Portanto, como intervenção futura, um sistema de limpeza que tenha como finalidade de detectar o nível de sujeira e atuar no devido momento associado ao arrefecimento.



Figura 12 – Projeção de ganho de tensão.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser realizado sem a ajuda de diversas pessoas, portanto os agradecimentos se estendem: A Deus, pela paciência concedida para a elaboração e materialização do projeto.

Ao Prof. Wilker Azevedo da Silva e o Prof. Gerônimo Barbosa Alexandre pelo tempo dedicado a responder as dúvidas, pela confiança no trabalho e pela orientação.

Ao Instituto Federal de Pernambuco, em especial ao Diretor Geral do campus Garanhuns, Prof. José Carlos, que proporcionou um espaço dentro do campus para a realização de testes.

Finalmente, mas não menos importante, a seu Jurandir, pela ajuda dada em pontos iniciais na concepção deste projeto.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Energia Solar (Brasil). *In: Energia Solar*. Brasília: Aneel- Agência Nacional de Energia Elétrica, 2011. 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.

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. 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.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Potencial Solar - SunData v 3.0. *In: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). CRESESB- Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Potencial Solar – SunData v 3.0*. Brasil, 2017. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 12 fev. 2020.

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.

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.

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

COOLING OF SOLAR ENERGY FLOATING MODULES

Abstract. *The efficiency of photovoltaic panels is directly affected by the temperature at which cells are subjected and by the incident solar radiation in it. On the other hand, systems consisting of renewable sources have been expanding their space, materializing a more significant participation in the electricity matrix, combined with an economic feasibility process. Given this perspective, by means of a cooling of the photovoltaic module and proper autonomous cleaning of its surface, with the purpose of increasing its efficiency, the plate performance variation rate was verified and compared with another panel that was neither cooled nor clean. Thus, through a data collection, a quantitative research was developed with the purpose of obtaining how many percent the efficiency of the solar panel increased. After their collection, a simple calculation was performed to modulate in numbers this increase, Coming to the conclusion that through a simple and easy-to-build system, the user can increase the efficiency of their solar design.*

Key words: Solar Power, Floating Modules, Efficiency