

13º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2022

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA DE INSTALAÇÃO ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS E SUPERFÍCIES DE TELHADOS NA EFICIÊNCIA DE GERAÇÃO DE ENERGIA

BRUNO B. DE SOUZA¹, MARCELO K. SHIBUYA²

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Guarulhos, bruno.barreto@aluno.ifsp.edu.br.

² Professor Doutor e pesquisador sobre Eficiência Energética e Geração de Energia Elétrica com base na tecnologia fotovoltaica, IFSP, Campus Guarulhos, marcelo.shibuya@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.02.01-8 Medidas Elétricas

RESUMO: A temperatura é um dos principais fatores que influenciam a geração de energia com módulos fotovoltaicos, principalmente no que diz respeito à potência e tensão. Por se tratar de uma propriedade muito presente nas instalações, é importante realizar medições que comprovem essa relação entre grandezas elétricas e a temperatura de trabalho, para que posteriormente seja possível determinar a distância ideal de instalação em telhados para obter a melhor eficiência possível. Para isso foi elaborado um protótipo que mede e armazena dados de temperatura de um módulo fotovoltaico em determinados intervalos de tempo e simultaneamente a isso foi medida a tensão de circuito aberto desse mesmo módulo com um multímetro. Após a realização de medições em diferentes momentos de um dia foi possível observar que existe uma relação entre a tensão do módulo e sua temperatura, em que conforme maior foi a temperatura registrada, menor foi a tensão medida, e analisando os pontos de menor e maior temperatura houve uma variação de -4,51%, ou -0,93V na tensão medida, comportamento que comprova a teoria estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura; tensão; eficiência; módulo fotovoltaico.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF INSTALLATION DISTANCE BETWEEN PHOTOVOLTAIC MODULES AND ROOF SURFACES ON ENERGY GENERATION EFFICIENCY

ABSTRACT: Temperature is one of the main factors that influence power generation with photovoltaic modules, especially with regard to the power and voltage generated. As it is a very present property in installations, it is important to carry out measurements that prove this ratio between electrical properties and working temperature, so that later it is possible to determine the ideal distance for installation on roofs to obtain the best possible efficiency. For this, a prototype was developed that measures and stores temperature data of a photovoltaic module at certain time intervals and simultaneously the open circuit voltage of this module was measured with a multimeter. After carrying out measurements at different times of a day, it was possible to observe that there is a ratio between the voltage generated by the module and its temperature, in which the higher the temperature recorded, the lower the voltage measured, and analyzing the points of lowest and higher temperature, there was a variation of -4.51%, or -0.93V, in the measured voltage, a behavior that proves the studied theory.

KEYWORDS: Temperature; voltage; efficiency; photovoltaic modules.

INTRODUÇÃO

Segundo Pinho e Galdino (2014), existem fatores externos que influenciam a eficiência energética de módulos fotovoltaicos, sendo os dois principais a irradiação solar e a temperatura de operação. Essa influência pode ser expressa de maneira mais clara através das curvas I-V, que relacionam dados de tensão e corrente elétricas e de acordo com a temperatura do módulo, e com isso é possível ainda encontrar a tensão e corrente que geram a potência máxima. A temperatura afeta a geração de energia seguindo princípios descritos na Segunda Lei de Ohm, devido às propriedades termoelétricas dos materiais utilizados na construção de células e módulos fotovoltaicos.

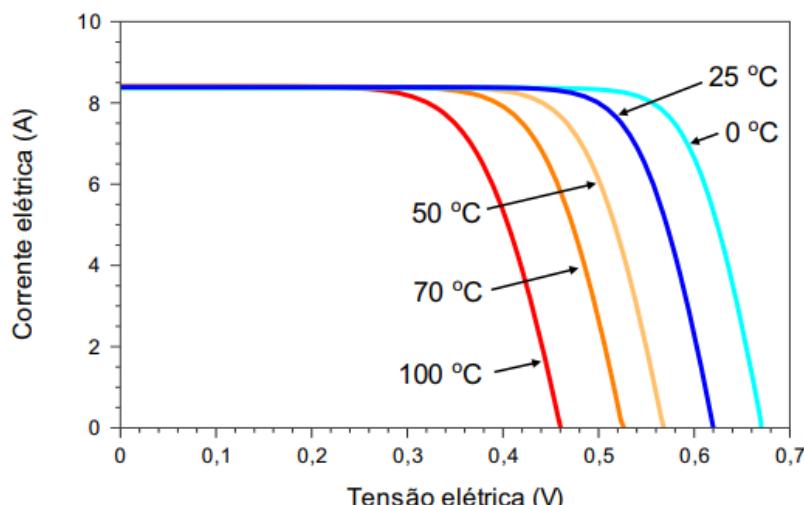


FIGURA 1. Influência da temperatura do módulo fotovoltaico na curva I-V. Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Na Figura 1 cada uma das linhas coloridas representa a curva I-V em uma determinada temperatura de trabalho, e pode-se observar que quanto mais alta a temperatura menor foi a tensão, enquanto a corrente manteve-se constante, demonstrando que a interferência é muito maior na tensão.

Para quantificar o efeito da temperatura em cada grandeza elétrica gerada pelo módulo (corrente, tensão e potência), são atribuídos os coeficientes α , β , γ , que são aplicados em cálculos para fazer correções e determinar os valores reais que serão obtidos em uma determinada temperatura. Essas correções são necessárias, pois os dados fornecidos pelos fabricantes relatam os valores obtidos em ensaios realizados na STC (*Standard Testing Conditions*), em que a temperatura ambiente é de 25°C e com irradiação de 1000W/m², condições essas que não é constante.

Por conta da relevância e recorrência dos efeitos da temperatura na geração de energia fotovoltaica, é interessante elaborar um estudo abordando essa influência bem como entender a relação desse fator com a distância de instalação dos módulos em telhados, através de medidas realizadas com um protótipo a ser elaborado.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas medições de tensão e temperatura em um módulo fotovoltaico de 155W, da empresa Upsolar, que possui as seguintes especificações nas condições da STC: $V_{mp}=18,3V$; $I_{mp}=8,49A$; $V_{oc}=23,2V$; $I_{sc}=8,77A$. Para isso foram utilizados os seguintes materiais:

- Microcontrolador ESP32
- Sensor de temperatura DS18B20
- Resistor 10kΩ
- Módulo cartão SD

- Cartão SD
- Protoboard e jumpers
- Fonte de 5V
- Multímetro MD-720 (S/N 097305376)

Para a medição de temperatura foi elaborado um protótipo em que o sensor de temperatura foi conectado no lado inferior do módulo fotovoltaico enquanto estava conectado por meio da protoboard à ESP32. O microcontrolador foi programado para obter medições de temperatura em intervalos regulares de dois minutos e dados esses que foram gravados num cartão de memória. A tensão de circuito aberto do módulo também foi medida e anotada a cada dois minutos com o multímetro, buscando sincronizar as medições de ambas as grandezas. O intervalo entre cada medição de dois minutos foi escolhido para conseguir uma quantidade considerável de pontos e por ser um tempo suficiente para superar a inércia do sensor de temperatura, ou seja, o tempo que ele leva para estabilizar com novos valores. A seguir a Figura 2 em que está apresentado o protótipo elaborado bem como o multímetro utilizado na medição.



FIGURA 2. Equipamento utilizado para medições de tensão e temperatura. Fonte: Autor.

Esse processo de medição foi realizado em dois períodos do mesmo dia, ao longo de uma hora cada um, o primeiro com início às 9 horas da manhã enquanto o segundo iniciou-se às 12 horas e 30 minutos. No primeiro horário buscou-se observar o comportamento do módulo com o aumento da temperatura ao longo do período, enquanto no segundo o objetivo foi obter as temperaturas mais altas e estáveis do dia.

Posteriormente os dados obtidos foram utilizados para elaborar gráficos em que fosse possível observar a relação entre a temperatura de trabalho e tensão do módulo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos nas medições foram construídos os seguintes gráficos:

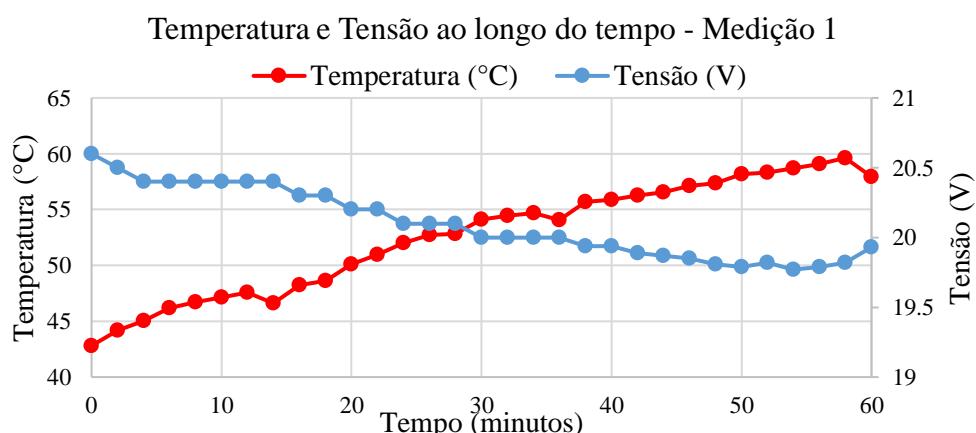


GRÁFICO 1. Primeira medição de temperatura e tensão no módulo ao longo de uma hora

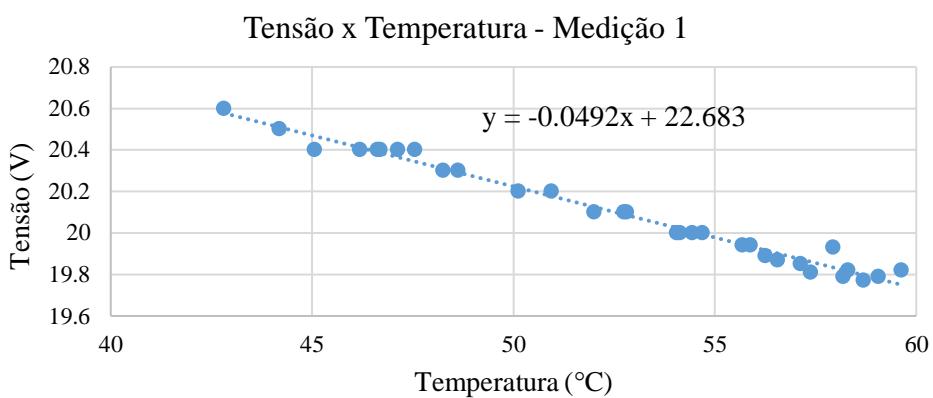


GRÁFICO 2. Tensão de circuito aberto em função da temperatura ao longo da primeira medição

As medidas feitas no primeiro momento foram feitas com o módulo já exposto ao sol há cerca de 20 minutos, por conta disso nas primeiras medições feitas a temperatura ainda estava estabilizando-se, porém após os primeiros 14 minutos o módulo apresentou o comportamento esperado, com a temperatura do módulo aumentando conforme a temperatura do dia em questão também aumentava. Esse comportamento é perceptível pelo crescimento da linha indicando a temperatura, no Gráfico 1. Em contrapartida, a tensão de circuito aberto caiu nesse mesmo período, seguindo uma tendência próxima de -5%, conforme indicado pelo Gráfico 2.

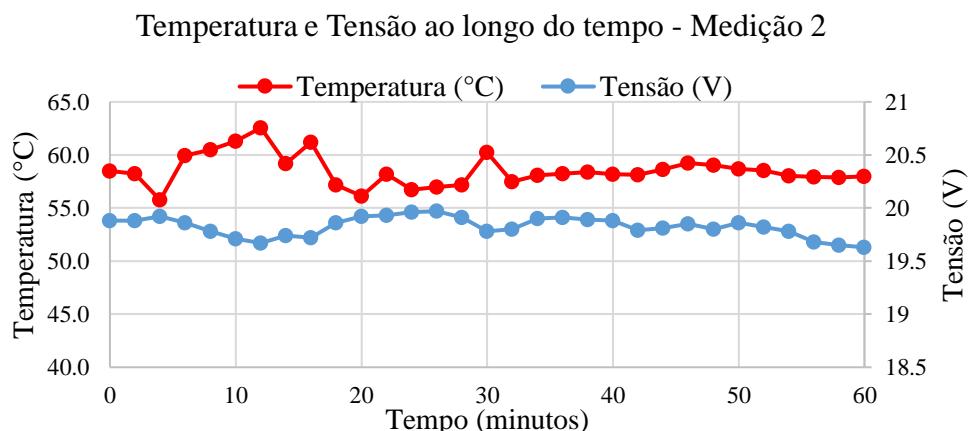


GRÁFICO 3. Segunda medição de temperatura e tensão no módulo ao longo de uma hora

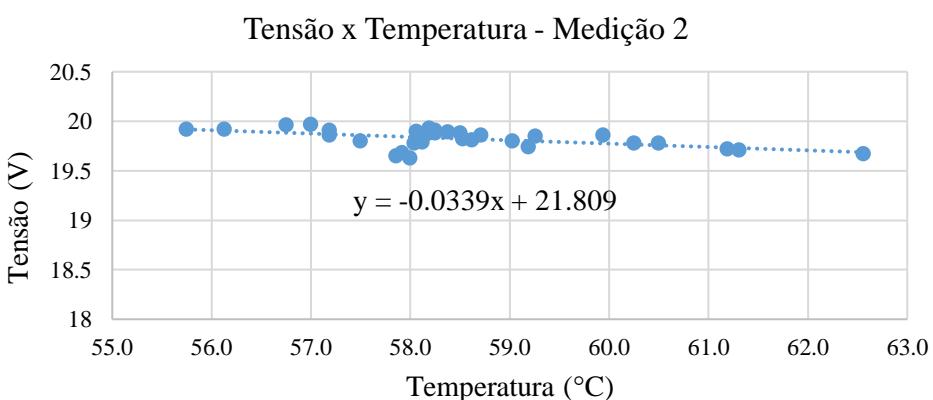


GRÁFICO 4. Tensão de circuito aberto em função da temperatura ao longo da segunda medição

Já na segunda medição, a temperatura apresentou um comportamento mais constante, pois quando foi medida estava mais estabilizada com um valor já alto. Porém, nos primeiros 20 minutos houve um aumento na temperatura do módulo, e nesse mesmo período houve uma queda na tensão medida, mas uma vez indicando a influência da temperatura. Essa estabilidade é ainda mais perceptível no gráfico de dispersão da segunda medição (Gráfico 4), em que a inclinação da reta de tendência foi menor que a do primeiro caso.

Poderia ter sido considerado que esse pico de temperatura no início da segunda medição foi causado como consequência do retorno de alimentação ao sistema de medição ou simplesmente um erro de medição (outlier), porém como junto a esse pico ocorreu uma queda na tensão, tudo indica que houve realmente um aumento na temperatura do módulo nesse intervalo de tempo. Para haver maior certeza sobre esse comportamento seria interessante que fosse realizada uma média das medições nos intervalos de registro de dados de temperatura, pois assim a possibilidade de serem outliers poderia ser descartado com maior certeza.

Considerando as duas medições, o maior valor de tensão medido foi de 20,6V, com uma temperatura de 42,81°C, enquanto o menor valor foi de 19,67V a 62,56°C. Assim, a variação de tensão foi de -0,93V (-4,51%) e a de temperatura foi de +19,75°C. Como foi feita a medição da tensão de circuito aberto foi possível calcular qual a perda de tensão em relação ao máximo que o módulo é capaz de fornecer na STC, ou seja, 23,2V. Nesse caso a perda foi de 3,53V ou 15,22%.

CONCLUSÕES

Portanto, com os dados obtidos e gráficos gerados, foi possível confirmar que existe uma relação direta entre a temperatura de um módulo fotovoltaico e energia elétrica que ele gera. Neste caso em específico foi observada a relação entre a tensão de circuito aberto e foi notável que conforme maior a temperatura menor a tensão, caso outros fatores externos, como a irradiância solar, mantenham-se estáveis e prova disso foi que a maior tensão medida ocorreu com a menor temperatura registrada, enquanto a menor tensão ocorreu com a maior temperatura.

Uma melhoria para futuras medições e que serve como uma evolução para o protótipo já construído, é a integração de uma forma de medir tensão ao sistema, automatizando ainda mais todo o processo e possibilitando a obtenção de dados por períodos mais longos.

Junto a isso é importante que entre os dados registrados no cartão SD sejam realizadas medidas intermediárias, tanto de temperatura quanto de tensão, para que médias móveis possam ser realizadas e diminuir a incerteza sobre os dados obtidos, como o que ocorreu na segunda medição.

AGRADECIMENTOS

À instituição de ensino e ao professor orientador por fornecerem a oportunidade de realizar esta pesquisa. A todos os professores e colegas que de alguma forma contribuíram para o trabalho.

REFERÊNCIAS

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESES, 2014. 530p.

SILVA, Domisley Dutra; SILVA, João Batista Campos; REIS, Renato Cândido; CARDOSO, Elaine Maria. **ANÁLISE EXPERIMENTAL DA TEMPERATURA DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS PARA DIFERENTES CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO**. 2020. Unesp, Ilha Solteira, 2020. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/815/815>. Acesso em: 22 set. 2022.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e aplicações**. 2. ed. [S. L.]: Érica, 2012. 224 p.