

## FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

OLIVEIRA, Lilian Barbosa de<sup>1</sup>; OLIVEIRA, Patrick Santos de<sup>2</sup>, CAMPOS, Gustavo Lobato<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Formiga. E-mail: liholiveira93@gmail.com

<sup>2</sup>Professor orientador do IFMG – *Campus* Formiga, E-mail: patrick.oliveira@ifmg.edu.br

<sup>3</sup>Professor co-orientador do IFMG – *Campus* Formiga, E-mail: gustavo.lobato@ifmg.edu.br

**Resumo:** O consumo de energia elétrica torna-se cada vez maior, aumentando assim, a necessidade de produzir energia utilizando fontes renováveis, tais como energia solar, energia eólica, biomassa, dentre outras. Atualmente, um dos tipos de geração de energia elétrica renovável mais utilizado é o sistema fotovoltaico, cujo painel fotovoltaico é o responsável pela conversão da energia solar em energia elétrica. Como o Brasil, e principalmente o estado de Minas Gerais, recebem elevados índices de radiação solar durante todos os meses do ano, inclusive no inverno, tem-se um cenário ideal para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a energia solar fotovoltaica. Dessa forma, neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para simular o comportamento elétrico dos painéis fotovoltaicos, utilizando como base o *software* Matlab/Simulink, considerando também a variação da radiação solar e a temperatura de operação na geração da energia elétrica. Os resultados obtidos pela simulação demonstraram concordância satisfatória com os dados experimentais do painel fotovoltaico CN-200S.

**Palavras-chave:** Fontes renováveis. Sistemas fotovoltaicos. Ferramenta computacional.

### 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a base da matriz energética de energia elétrica de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2018 é a energia hidrelétrica, que representa aproximadamente 61,2% do total de energia elétrica produzida no país (ANEEL, 2018). Na última década, as fontes de energia renováveis suprem de 15 a 20% da demanda total de energia do mundo (BILHAN; CALISKAN; UNAL, 2016). Dentre muitas fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica é uma que mais se destaca na atualidade. A energia solar tornou-se popular devido a sua abundância, a facilidade de instalação e do baixo custo.

Neste contexto, tem-se um cenário propício para o desenvolvimento de pesquisa na área de energia solar fotovoltaica. Dessa forma, neste trabalho, implementou-se uma ferramenta computacional para simular o comportamento elétrico do painel fotovoltaico (FV), utilizando como base o *software* Matlab/Simulink, levando em conta a variação da radiação solar e da temperatura ambiente na geração da energia elétrica.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do modelo matemático proposto neste trabalho é feito utilizando o *software* Matlab, que é uma plataforma de programação que possui linguagem própria e baseada em matriz que permite a expressão mais natural da matemática computacional. Mais especificamente, o modelo proposto é feito através do Simulink, um ambiente de diagrama de blocos usado para simular múltiplos domínios e projetos baseados em modelos (MATHWORKS, 1994).

A modelagem desenvolvida é baseada no trabalho de Bilhan, Caliskan e Unal (2016), no qual é apresentada a formulação matemática necessária para descrever o comportamento elétrico de um painel fotovoltaico (FV), considerando o circuito elétrico equivalente da célula FV real, conforme ilustrado na Figura 1. Este formalismo matemático é chamado de modelo de um diodo (ou modelo de cinco parâmetros).

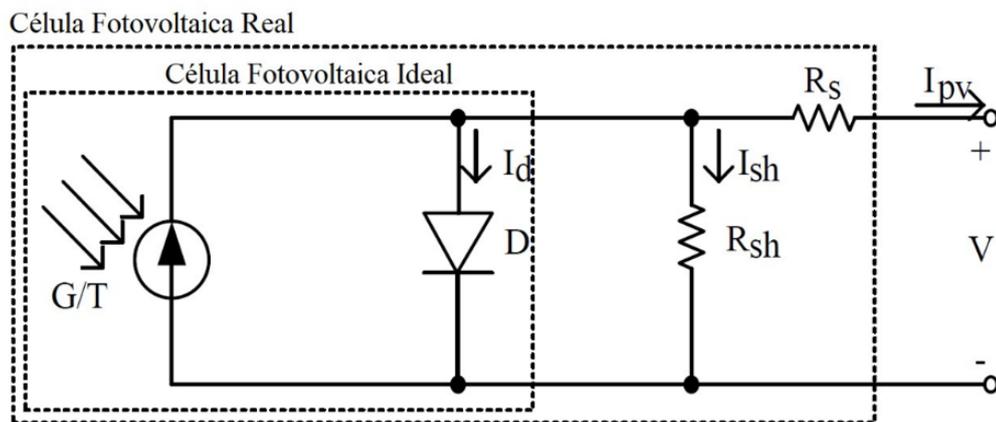


Figura 1 – Representação esquemática do circuito elétrico equivalente de uma célula fotovoltaica real  
Fonte: Bilhan, Caliskan e Unal (2016).

Aplicando as equações desenvolvidas por Bilhan, Caliskan e Unal (2016), é possível implementar a ferramenta computacional chamada de módulo PFV no *software* Matlab/Simulink. Na próxima seção são apresentados os resultados obtidos pela ferramenta computacional do painel FV.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O painel fotovoltaico utilizado para simulação inicial deste modelo é o CN-200S da empresa *Xuzhou Superenergy Photoelectricity Technology*. As curvas I-V e P-V simuladas do painel FV CN-200S podem ser visualizadas na Figura 2, considerando uma temperatura de 25°C e radiação de 1000 W/m<sup>2</sup> (condições de STC – *Standard Test Conditions*). A partir delas,

extraíram-se os valores de potência máxima ( $P_m$ ), corrente ( $I_m$ ) e tensão ( $V_m$ ) para a potência máxima.

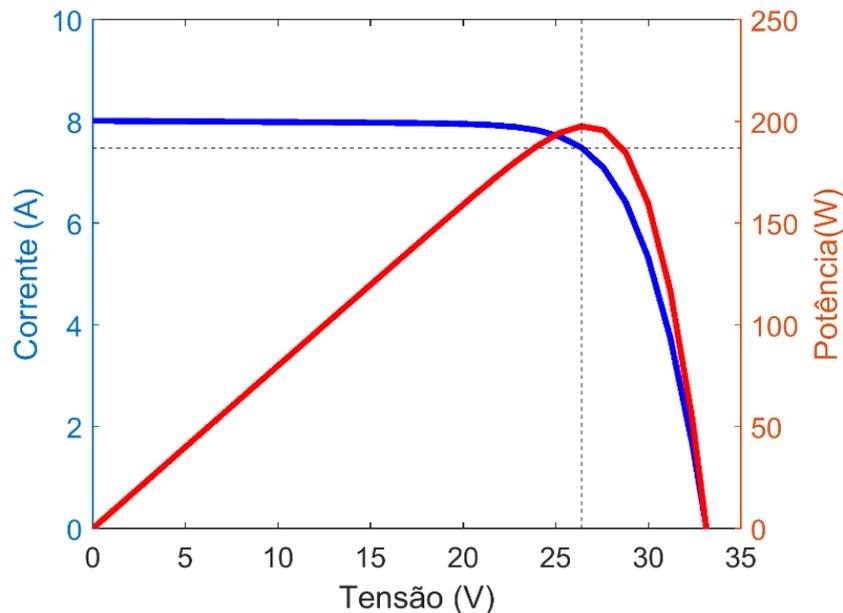


Figura 2 – Curvas I-V (linha em azul) e P-V (linha em vermelho) simuladas para a temperatura de 25°C e radiação de 1000 W/m<sup>2</sup>

Fonte: Autores (2019).

Analisando a Tabela 1 pode-se verificar a validação da ferramenta computacional implementada, uma vez que comparando os valores de  $P_m$ ,  $V_m$  e  $I_m$  simulados com os valores do fabricante obteve-se uma concordância mínima de 98,8%, considerando as condições em STC.

Tabela 1 – Comparação entre os valores obtidos pela simulação com os dados do fabricante

	Potência máxima ( $P_m$ )	Tensões de potência máxima ( $V_m$ )	Corrente de potência máxima ( $I_m$ )
Fabricante	200 W	26,4 V	7,58 A
Simulação	197,7 W	26,4 V	7,49 A
<b>Concordância</b>	<b>98,8%</b>	<b>100%</b>	<b>98,8%</b>

Fonte: Autores (2019).

Variando a temperatura e a radiação, é esperado que as curvas I-V e P-V se modifiquem, para isso, foram simulados os valores de radiação para 1000, 800, 600 e 400 W/m<sup>2</sup>, e os valores de temperatura de 5, 25, 45 e 65°C. As curvas simuladas variando a radiação e a temperatura são apresentadas nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

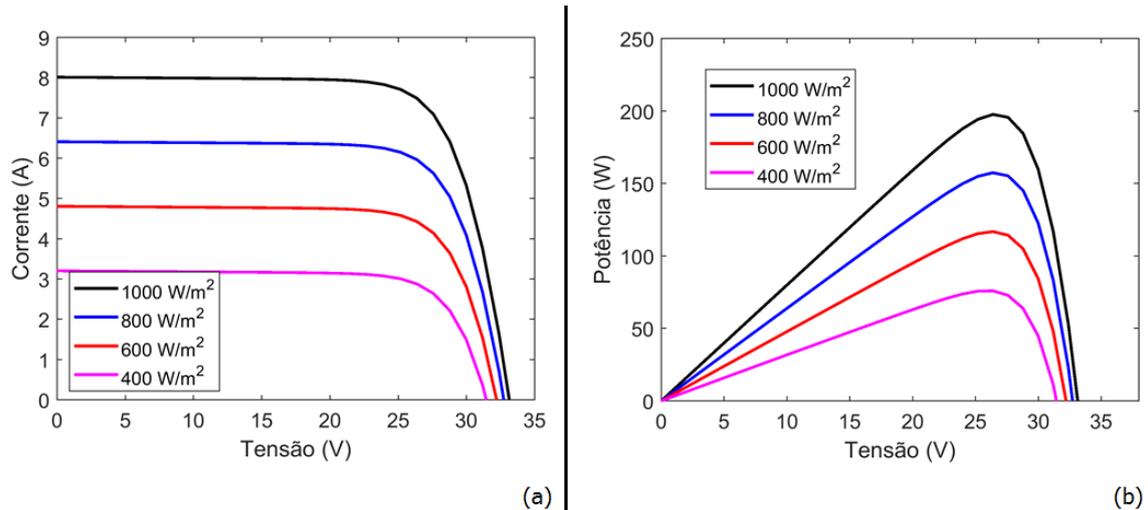


Figura 3 – Curvas (a) I-V e (b) P-V variando a radiação e mantendo a temperatura constante em 25°C  
Fonte: Autores (2019).

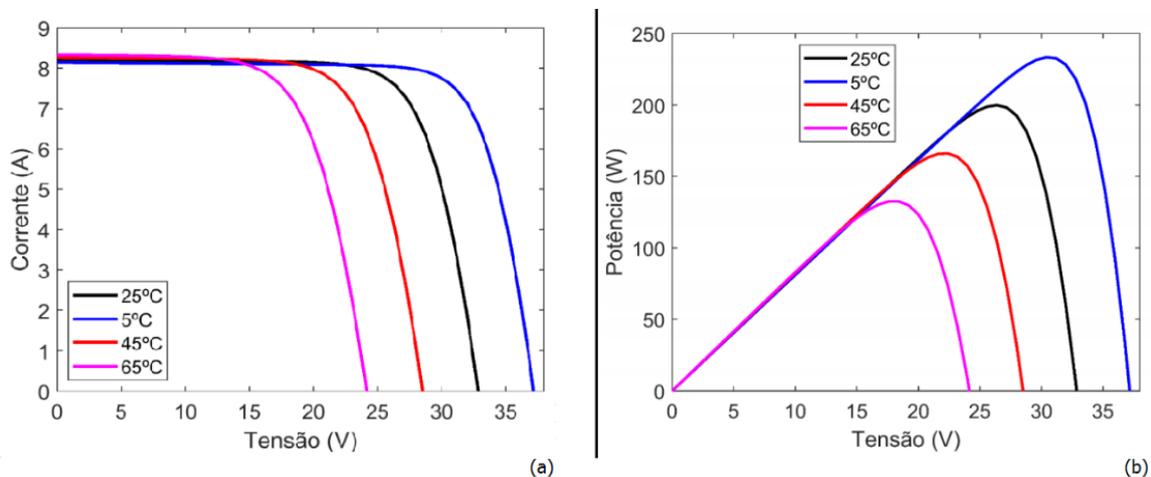


Figura 4 – Curvas (a) I-V e (b) P-V variando a temperatura e mantendo a radiação constante em 1000 W/m<sup>2</sup>  
Fonte: Autores (2019).

Investigando a Figura 3 pode-se verificar que para menores valores de radiação tem-se menores valores de potência máxima de operação do painel. Já na Figura 4, a potência máxima de operação do painel é maior para temperaturas menores, isto é, os painéis FVs funcionam melhores para valores menores de temperatura de operação. A validação da ferramenta computacional do painel FV considerando a variação de radiação e temperatura será realizada na continuidade do trabalho.

#### 4 CONCLUSÃO

Discutir novos meios de geração de energia de forma a visar economia e sustentabilidade são cada vez mais válidos devido às crises, principalmente ambientais, enfrentadas atualmente. Assim, neste trabalho desenvolveu-se uma ferramenta computacional que simula as curvas I-V e P-V de painéis fotovoltaicos, visando auxiliar nos estudos acerca da

energia solar fotovoltaica. Os resultados obtidos pela simulação demonstraram concordância satisfatória com os dados experimentais do painel FV CN-200S, para as condições de STC.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa Nº687**. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2019.

BILHAN, A. K.; CALISKAN, A.; UNAL, S. **Simulation of a photovoltaic panels by using Matlab/Simulink**. 2016 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), p.1-6, jun. 2016.

CASTRO, N.; MARTINI, S.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G., TIMPONI, R. A importância das fontes alternativas e renováveis na evolução da matriz elétrica brasileira. **In V Seminário de Geração e Desenvolvimento Sustentável. Fundación Mapfre**, 2009.

MATHWORKS®. **Simulink**. Disponível em: [https://www.mathworks.com/help/simulink/index.html?s\\_tid=srchtitle](https://www.mathworks.com/help/simulink/index.html?s_tid=srchtitle). Acesso em: 12 out. 2018.

**Matriz de Energia Elétrica**. 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>. Acesso em: 15 fev. 2019.

SOLARGIS. **Global Horizontal Irradiation**. 2016. Disponível em: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview/>. Acesso em: 05 fev. 2019.

### Como citar este trabalho:

OLIVEIRA, Lilian Barbosa de; OLIVEIRA, Patrick Santos de; CAMPOS, Gustavo Lobato. Ferramenta computacional de modelagem e simulação de painéis fotovoltaicos. *In*: SEMINÁRIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO (SemPI), III., 2019. Formiga. **Anais eletrônicos** [...]. Formiga: IFMG – *Campus* Formiga, 2019. ISSN – 2674-7111.