

Modelagem e simulação de um painel fotovoltaico

Modeling and simulation of a photovoltaic panel

RESUMO

Os sistemas convencionais de fornecimento de energia elétrica não são sempre a melhor opção para satisfazer as necessidades do setor rural, por isso, há necessidade de pesquisas envolvendo a utilização de fontes alternativas de energia, dentre elas a solar fotovoltaica. Atendendo a essa necessidade, este trabalho estabeleceu como objetivo implementar um modelo computacional para simulação de curvas características de uma célula fotovoltaica. O modelo permite estimar as características elétricas da célula, com respeito às variações ambientais da irradiação solar e da temperatura. Para validação do modelo computacional um painel fotovoltaico de silício policristalino foi simulado. Resultados obtidos do modelo foram comparados com valores obtidos em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar. Simulação. Sistema fotovoltaico.

Gabriel Mancini
mancini.bdc@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Medianeira,
Paraná, Brasil José Airton
Azevedo dos Santos

airton@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Medianeira, Paraná,
Brasil Nome da Instituição por
Extensão, Cidade, Estado, País

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Conventional power supply systems are not always the best option to meet the needs of the rural sector, so there is a need for research involving the use of alternative sources of energy, including solar photovoltaic. Given this need, this work set out to implement a computational model for simulation of characteristic curves of a photovoltaic cell. The model allows to estimate the electrical characteristics of the cell, with respect to the environmental variations of solar irradiation and temperature. To validate the computational model a polycrystalline silicon photovoltaic panel was simulated. Results obtained from the model were compared with values obtained in the Field.

KEYWORDS: Solar energy. Simulation. Photovoltaic system.

INTRODUÇÃO

A demanda por energia vem crescendo continuamente. Contudo, para o atendimento desta demanda, deve-se levar em consideração os efeitos negativos associados ao aumento do uso de energias não renováveis. A energia solar, alternativa ao uso destas energias, é uma energia abundante, não poluente e dispersa, o que possibilita sua utilização em locais em que não existe concorrência com fontes convencionais (FOSTER, 2009).

Como exemplo de fontes não renováveis de energia pode-se citar as usinas termelétricas. Estas usinas utilizam, para produção de energia, carvão, óleo ou gás. Segundo Belarbi (2006) contribuem para o efeito estufa, aquecimento global e para catástrofes climáticas.

O protocolo de Kyoto (ANDRADE; COSTA, 2008), cujo objetivo é fazer com que os países, que participam de tal acordo, reduzam as emissões de gases que causam o efeito estufa, é uma forma de se sugerir a utilização de fontes não poluidoras do meio ambiente, tais como, eólica, geotérmica, solar, dentre outras.

O Brasil está situado em uma zona tropical, apresenta alta incidência de radiação solar, o que torna viável o desenvolvimento de tecnologias capazes de transformar a energia solar em energia térmica, elétrica, química, mecânicas e outras (GUERRA, 2011; SANTAFÉ, 2014).

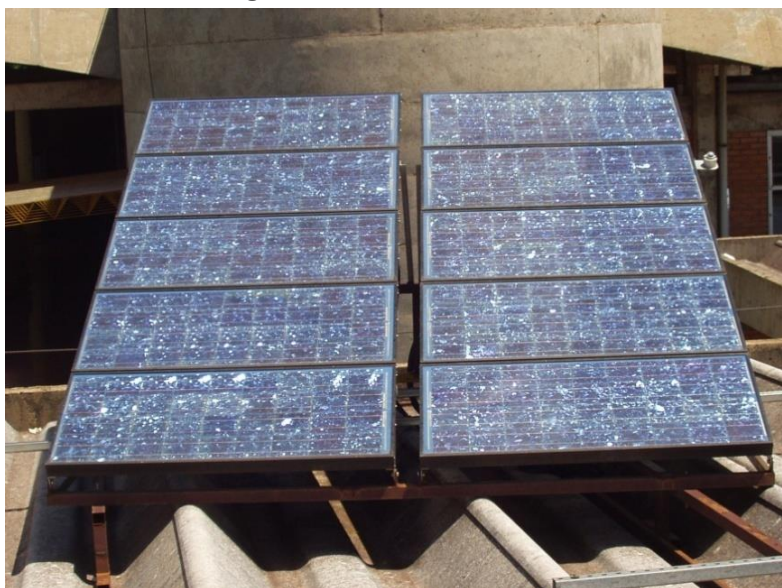
Neste contexto, este trabalho tem como objetivo implementar um modelo computacional para simulação de curvas características de uma célula fotovoltaica. Para validação do modelo, compararam-se resultados de simulação com resultados de campo obtidos na Região Oeste Paranaense.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Experimento

O sistema fotovoltaico (Figura 1) foi montado nas dependências da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) na cidade de Medianeira. Medianeira está localizada na Região Oeste Paranaense com 25° 17' 43" latitude Sul, 54° 05' 38" longitude Oeste e apresenta uma altitude de 500,7 metros. O sistema fotovoltaico foi instalado com dois painéis de 5 módulos. Sendo utilizado, neste trabalho, apenas dois módulos, ligados em série devido à configuração do sistema. Os equipamentos, utilizados no sistema fotovoltaico, são apresentados no Quadro 1.

Figura 1 – Sistema Fotovoltaico



Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 1 – Equipamentos

| Equipamento | Fabricante | Modelo |
|--------------|------------|--------|
| Painel Solar | Solarex | MSX 56 |
| Micrologger | Campbel | CD23X |
| Termopar | | K |
| Piranômetro | Kipp&Zonen | CM3 |

Fonte: Autoria própria (2019).

O sistema de aquisição de dados é constituído por um "micrologger" da CAMPBELL SCIENTIFIC-INC, programado para realizar uma leitura por segundo de cada canal e armazenar a média aritmética de cada minuto dos dados das componentes de irradiação global na mesma inclinação do painel; temperatura de operação do painel; tensão e corrente do sistema fotovoltaico.

Os dados de temperatura de operação do painel fotovoltaico foram obtidos por um termopar do tipo K, instalado na parte de trás do mesmo (medida de temperatura do painel). Os valores de irradiação global foram obtidos por meio de um piranômetro KIPP & ZONEN.

O Modelo Computacional

O modelo computacional, implementado neste trabalho, foi proposto por El-Tayyan (2006). Este modelo é baseado em parâmetros fornecidos pelos fabricantes:

V_{oc} – tensão de circuito aberto (V);

I_{sc} – corrente de curto-circuito (A);

V_{mp} - tensão de potência máxima (V) e;

I_{mp} – corrente de potência máxima (A).

Neste modelo, a relação entre a tensão (V) e a corrente (I) é dada por:

$$I = I_{sc} - C_1 e^{-\frac{V}{C_2}} \left(e^{\frac{V}{C_2}} - 1 \right) \quad 1$$

Para $I=0$ ($V=V_{oc}$) tem-se:

$$0 = I_{sc} - C_1 \left(1 - e^{-\frac{V_{oc}}{C_2}} \right) \quad 2$$

No ponto de potência máxima a equação 1 torna-se:

$$I_m = I_{sc} - C_1 e^{-\frac{V_{oc}}{C_2}} \left(e^{\frac{V_{mp}}{C_2}} - 1 \right) \quad 3$$

Para obterem-se os coeficientes C_1 e C_2 , assume-se que:

- $(V_{oc}/C_2) \gg 1$, e a equação 2 torna-se

$$C_1 \cong I_{sc} \quad 4$$

- $(V_{mp}/C_2) \gg 1$, e a equação 3 torna-se:

$$I_{mp} = I_{SC} - C_1 e^{\frac{V_{mp}-V_{OC}}{C_2}} \quad 5$$

Rearranjando os termos obtém-se:

$$C_1 = (I_{SC} - I_{mp}) / e^{\frac{V_{mp}-V_{OC}}{C_2}} \quad 6$$

Substituindo a equação (4) na equação (6), tem-se:

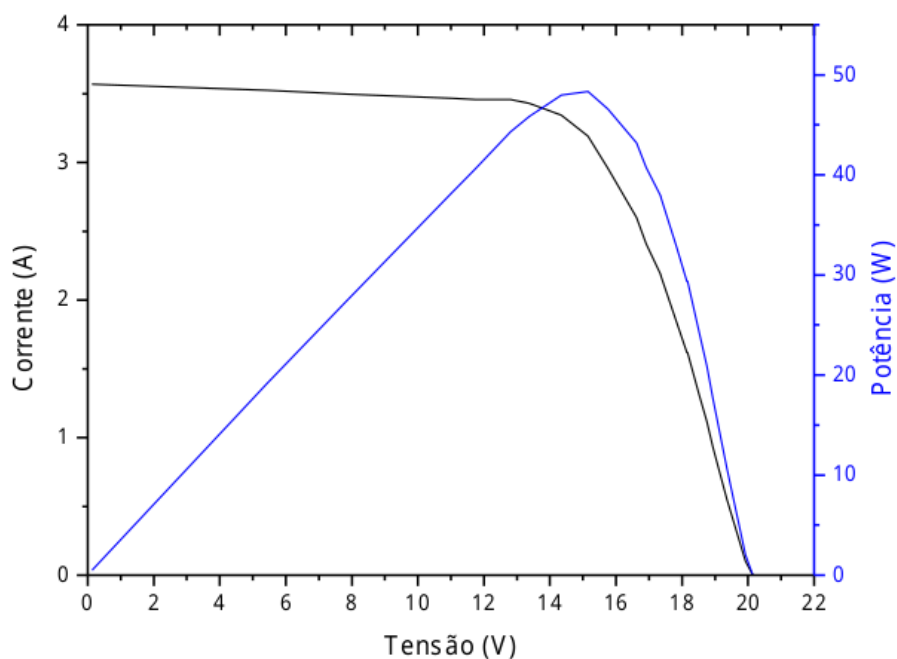
$$C_2 = (V_{mp} - V_{OC}) / \ln\left(1 - \frac{I_{mp}}{I_{SC}}\right) \quad 7$$

Os parâmetros do painel são obtidos dos catálogos de fabricantes de painéis fotovoltaicos. Os mais importantes para descrever o desempenho elétrico da célula fotovoltaica são a corrente de curto-circuito (I_{SC}) e a tensão de circuito aberto (V_{OC}) (TREBLE, 1991). Neste trabalho utilizou-se o painel MSX-56 fabricado pela Solarex (MICHELS, 2011).

RESULTADOS

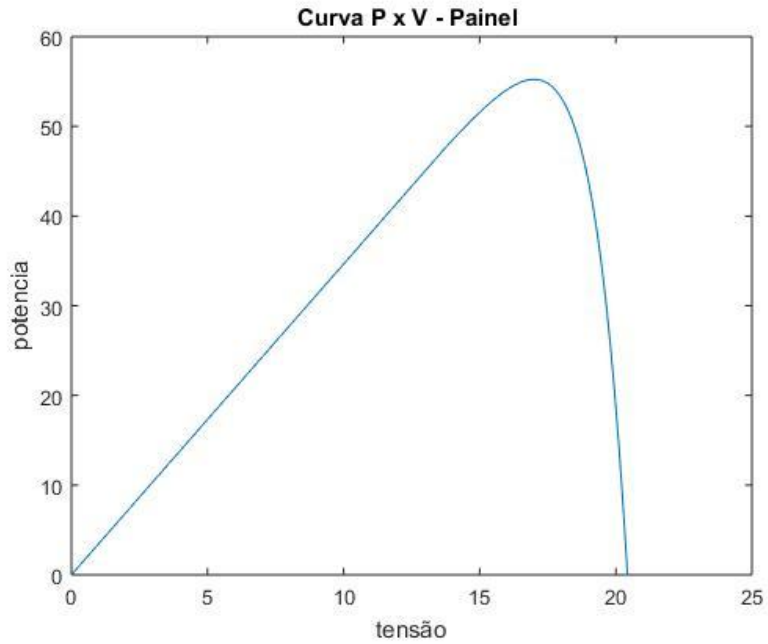
A Figura 2 apresenta as curvas da corrente em função da tensão ($I \times V$) e da potência em função da tensão ($P \times V$), obtidas em campo na cidade de Medianeira/PR, para uma temperatura $T = 35^\circ\text{C}$ e uma irradiação $G = 1000 \text{ Wm}^{-2}$. Nas Figura 3 e 4 têm-se as curvas ($I \times V$) e ($P \times V$), obtidas de simulação, através do modelo apresentado neste trabalho, para os mesmos valores de temperatura e irradiação solar.

Figura 2 – Curvas ($I \times V$) e ($P \times V$) – Campo ($T=35^\circ\text{C}$)



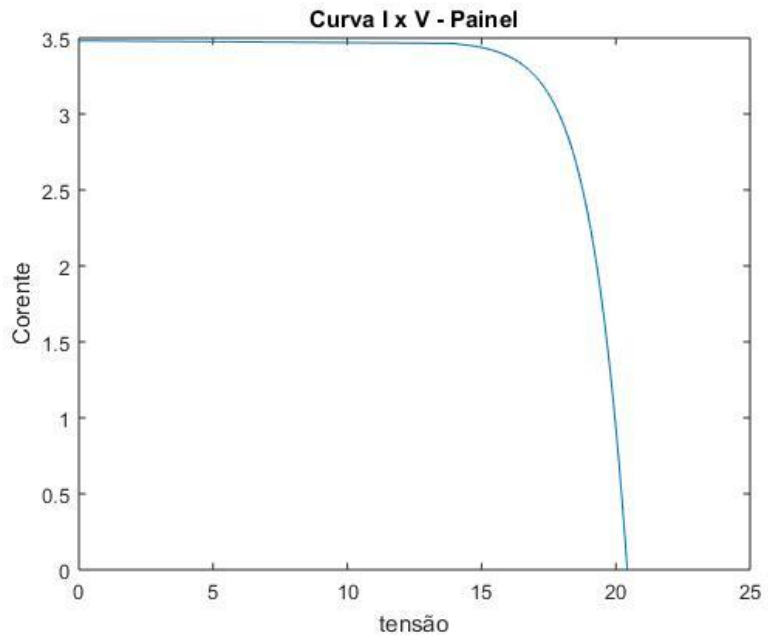
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 3 – Curva (P x V) – Simulação (T=35°C)



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 4 – Curva (I x V) – Simulação (T=35°C)



Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se, através dos gráficos apresentados nas Figuras 2, 3 e 4, que as curvas obtidas de simulação, para as condições avaliadas neste trabalho, apresentam similaridades com as curvas obtidas em campo.

CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentaram-se resultados, de campo e de simulação, de um gerador fotovoltaico, de silício policristalino, da marca Solarex, modelo MSX-56.

Observou-se que as curvas obtidas de simulação, para a temperatura de 35°C, apresentaram similaridades com as curvas obtidas em campo. Validando o modelo apresentado neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Fundação Araucária pela bolsa concedida para realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

ANDRADE J. C. S., COSTA P. Mudança Climática, Protocolo de Kyoto e Mercado de Créditos de Carbono: desafios à governança ambiental global. Organizações & Sociedade, Vol. 15, N° 45, 2008.

BELARBI, M. **Modélisation et simulation d'un système de pompage photovoltaïque.** D'Oran : FGHB, 2006.

EL-TAYYAN A. An Empirical model for generating the IxV Characteristics for a photovoltaic System. *J. al-Aqsa*, 10 (S. E.), 2006.

FOSTER, R. **Solar energy: renewable energy and the environment.** New York: CRC Press, 2009.

GUERRA, J. B. S. A. **As energias renováveis no Brasil: entre o mercado e a universidade.** Palhoça: Unisul, 2011.

MICHELS, R. N. Relationship Between Temperature and Electrical Power in a Polycrystalline Photovoltaic Panel: Study of a Case. *In: Latin Dysplay e XXXII CBRAVIC*, 2011, **Anais...** Itajubá: Latin Dysplay e XXXII CBRAVIC, 2011.

SANTAFÉ, M. R. Theoretical and experimental analysis of a floating photovoltaic cover for water irrigation reservoirs. **Energy**. v. 67, p. 246-255, 2014.

TREBLE, F. C. **Generating electricity from the sun.** New York: Pergamon Press, 1991.