



# Estimativa da potência de saída de um sistema fotovoltaico por meio de redes neurais

## ESTIMATION OF THE OUTPUT POWER OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM THROUGH OF NEURAL NETWORKS

Yasmin Chaucoski\*, José Airton Azevedo dos Santos†.

### RESUMO

Devido aos impactos negativos gerados pelas fontes de energia não renováveis, as energias renováveis transformaram-se na escolha prioritária para a expansão da capacidade de geração elétrica no Brasil. Portanto, a produção de energia renovável, por meio de painéis fotovoltaicos, torna-se uma alternativa de extrema importância para geração de energia elétrica. Neste contexto, o presente trabalho propõe a implementação de um modelo computacional, no software MatLab, para prever a potência de saída de um painel fotovoltaico, localizado na região oeste paranaense, utilizando redes neurais artificiais *Multilayer Perception* (MLP). A base de dados utilizada para o treinamento da rede, com um histórico de um ano, contém as seguintes variáveis: hora, temperatura, irradiação solar e potência elétrica. Curvas reais de saída do painel foram utilizadas para testar o modelo. Os resultados obtidos demonstram que as curvas de potência de saída previstas, pela rede neural artificial, confirmam a tendência apresentada pelas curvas da variável real.

**Palavras-chave:** *Multilayer perception*. Previsão. Painel fotovoltaico.

### ABSTRACT

Due to the negative impacts generated by non-renewable energy sources, renewable energies have become the priority choice for the expansion of electricity generation capacity in Brazil. Therefore, the production of renewable energy, through photovoltaic panels, becomes an extremely important alternative for electricity generation. In this context, the present work proposes the implementation of a computational model, in MatLab software, to predict the output power of a photovoltaic panel, located in the western region of Paraná, using Multilayer Perception (MLP) artificial neural networks. The database used for training the network, with a one-year history, contains the following variables: time, temperature, solar irradiation and electrical power. Actual panel output curves were used to test the model. The results obtained demonstrate that the output power curves predicted by the artificial neural network confirm the trend presented by the curves of the real variable.

**Keywords:** Multilayer perception. Forecast. Photovoltaic panel

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é o combustível para o crescimento econômico de qualquer nação. As fontes para sua geração, na maioria das vezes, são encontradas em recursos da própria natureza, fator importante para que

\* Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil; chaucoski@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira; airton@utfpr.edu.br



exista cautela na exploração, a fim de que os recursos não se esgotem e que as próximas gerações também possam usufruir desta disponibilidade (FRANCELINO; ARRAES, 2010).

A partir desse conhecimento, toma-se como correto a utilização de fontes alternativas de energia, como a energia solar, que pode ser de grande ajuda para a diminuição do impacto ambiental que as fontes convencionais provocam. O Brasil está situado em uma zona tropical, ou seja, apresenta alta incidência de radiação solar, o que torna viável a utilização de tecnologias capazes de transformar a energia solar em energia térmica, elétrica, química, mecânica e outras (MICHELS, 2007; CAMARGO, 2015).

A célula fotovoltaica é o dispositivo de conversão de energia solar em eletricidade. A união de várias células forma um painel fotovoltaico. Painéis são dispositivos semicondutores que convertem energia dos raios solares em eletricidade em corrente contínua. A potência de saída destes painéis está diretamente relacionada com a intensidade ( $W/m^2$ ) dos raios solares, da temperatura de operação dos módulos e de mais alguns outros fatores (NISHIMARU, 2003; MICHELS, 2007).

Redes neurais artificiais (RNA) são modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano. Têm como característica a utilização de um banco de dados, para que as unidades de processamento, os neurônios artificiais, sejam treinados. Depois de passar pela etapa de treinamento e aprendizado, a RNA pode generalizar a informação aprendida e fornecer respostas coerentes através de dados não conhecidos (COPPIN, 2012; BRAGA et al., 2007).

As redes neurais são capazes de memorizar, analisar e processar um grande número de dados obtidos de um experimento. É uma técnica de modelagem que pode resolver muitos problemas complexos.

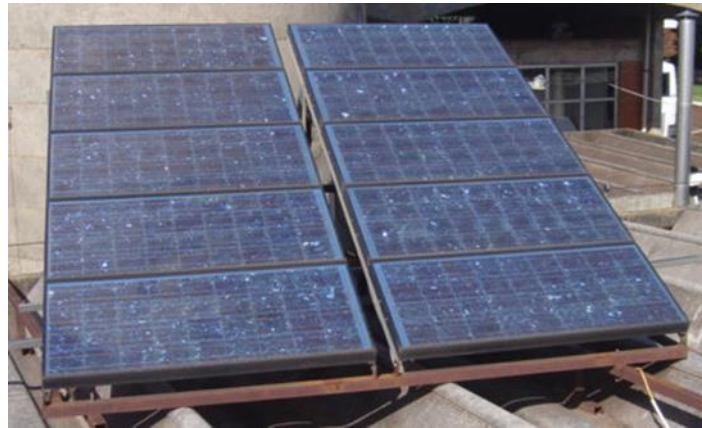
Neste contexto, este trabalho teve como objetivo a implementação de uma rede neural artificial para prever a potência de saída de um painel fotovoltaico, tendo como entrada a temperatura, a irradiação solar e a hora do dia.

## 2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

O sistema fotovoltaico utilizado neste trabalho está instalado nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus de Medianeira, localizada na Av. Brasil, 4232, Medianeira, região oeste do estado do Paraná. Ele foi composto pelos seguintes elementos:

- Dois módulos solares do fabricante Solarex, modelo MSX 56, tensão padrão de 12V, corrente padrão de 3,35A e potência de 56W;
- Um micrologger Campbell da Scientific-Inc modelo CD 23 X;
- Um termopar do tipo K (cromo-alumínio) aferido;
- Um microcomputador;
- Dois piranômetros Kipp & Zonen modelo CM3;
- Um divisor de tensão e uma resistência *Shunt*.

**Figura 1 – Sistema fotovoltaico**



Fonte: Michels (2007)

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 (Fig. 2) (MICHELS, 2007).

Figura 2 – Piranômetro



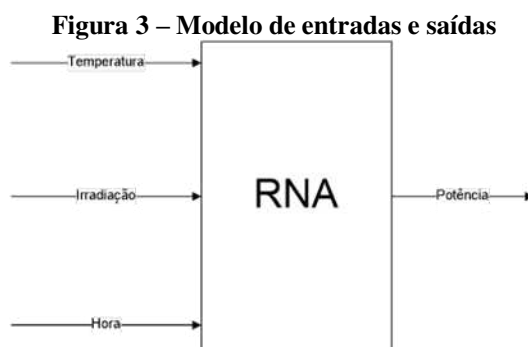
Fonte: Michels (2007)

O treinamento de uma RNA é o processo de ajuste de seus pesos através de um algoritmo de aprendizagem, que extrai características dos dados fornecidos e tem por objetivo gerar uma rede que desempenhe a tarefa de interesse (BRAGA et al., 2007; BINOTI, 2010). As redes treinadas, neste trabalho, foram do tipo *perceptron* de múltiplas camadas, conhecidas como MLP (*Multilayer Perceptron*) que consistem em camadas, intermediária e de saída, de neurônios artificiais, que processam os dados e uma camada de entrada que direciona os dados à camada intermediária (CONSENZA, 2016).

### 3 RESULTADOS

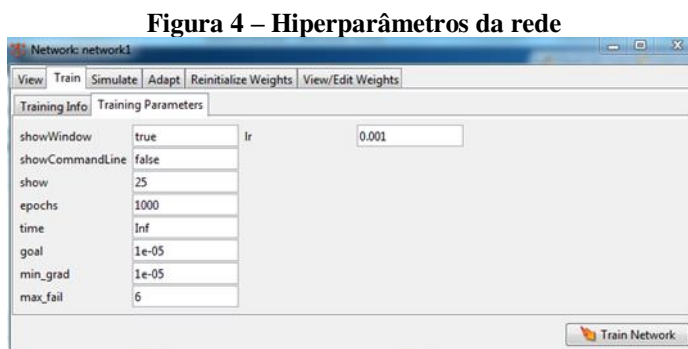


Para treinar a rede foram necessários os dados de temperatura, irradiação solar, potência e hora do dia, e, posteriormente alimentá-la com dados de temperatura, irradiação solar e hora para prever a potência elétrica (Fig. 3).



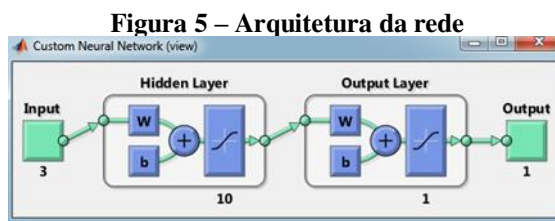
Fonte: Autoria própria (2021)

Neste trabalho foram implementados modelos de redes neurais MLP, por meio da ferramenta *nntool* do MATLAB. O melhor modelo utilizou o algoritmo de otimização FEED-FOWARD BACKPRO e função de ativação TANSIG e 10 neurônios na camada oculta. Na Figura 4 são apresentados os hiperparâmetros utilizados no modelo.



Fonte: Autoria própria (2021)

Na Figura 5 é apresentada a arquitetura da rede utilizada neste trabalho.



Fonte: Autoria própria (2021)



Na Tabela 1 são apresentadas as correlações (R), entre os valores previstos e observados, para os conjuntos de treinamento e validação para a rede neural analisada. O coeficiente de correlação mede o grau de associação linear entre os dados previstos e observados. O coeficiente de correlação é um indicador relativo do grau de ajustamento para modelos não lineares, com amplitude entre -1 e 1, e quanto mais próximo de 1 melhor é o ajuste.

**Tabela 1 – Exemplo de tabela**

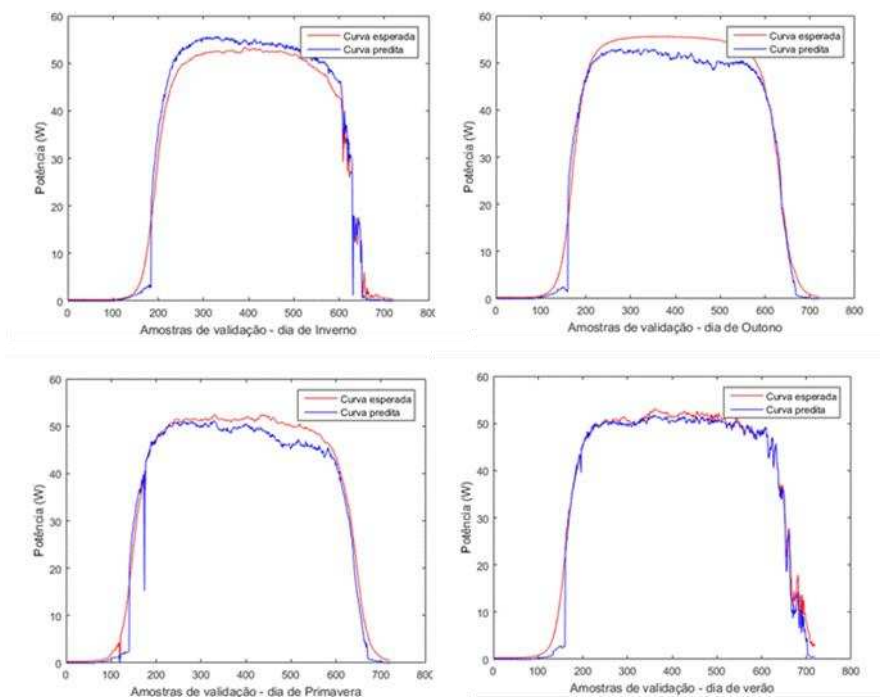
Métrica	Treinamento	Validação
R	0,99055	0,99178

Fonte: Autoria própria (2021).

Pode-se observar da Tab. 1 que coeficientes de correlação estão acima de 99%, portanto existe um bom ajuste das redes para as etapas de treinamento e validação.

Para testar o modelo compararam-se resultados obtidos do modelo com resultados obtidos experimentalmente de quatro dias diferentes (721 dados cada), das 6 às 18 horas, sendo um dia de cada estação do ano (Fig. 6).

**Figura 6 – Potência elétrica nas quatro estações**



Fonte: Autoria própria (2021)

Pode-se observar, por meio dos gráficos apresentados na Fig. 6, que existe uma boa aproximação entre os resultados reais (experimentais – curva esperada) e os previstos pela RNA (curva predita) para as estações do ano. Observa-se que também foram utilizados, nesta validação, dias nublados.



## 4 CONCLUSÃO

Este trabalho explorou o uso de técnicas de redes neurais artificiais na implementação de um modelo, para estimar a potência elétrica de um sistema fotovoltaico, localizado na região oeste paranaense.

O modelo obtido neste trabalho está bem ajustado como pode ser observado pela correlação entre os dados preditos e observados apresentados anteriormente.

Quando o modelo implementado para prever a potência elétrica do sistema fotovoltaico foi aplicado a quatro dias, um de cada estação do ano, que não participaram das fases de treinamento e validação, as previsões apresentaram um bom resultado. Portanto, foi possível concluir que este modelo pode ser utilizado na previsão da potência elétrica do sistema de fotovoltaico estudado neste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

- BINOTI, M. L. M. S. **Rede neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. [Dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2010. 54 p.
- BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.de; LUDEMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações**. 262 p. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007.
- CAMARGO, F. **Desafios e oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas**. Supernova Design – wwf Brasil. 1º edição. Brasil, 2015
- COPPIN, B. **Inteligência Artificial**. 636 p. Cip-brasil. Rio de Janeiro: Gen, 2012.
- CONSENZA, D. N. **Classificação da capacidade produtiva de sítios florestais utilizando máquina de vetor de suporte e rede neural artificial**. Scientia Florestalis. 2016.
- FRANCELINO, D. A. R.; ARRAES, R. D. A. E. **Déficit de Energia Elétrica ante Cenários de Crescimento Econômico e o Potencial de Energia Eólica no Ceará**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 21. 2010.
- MICHELS, R. N. **Avaliação de um Sistema de bombeamento de água alimentado por painéis fotovoltaicos**. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.
- NISHIMARU, R. S. **Opções energéticas de pico – geração na RDS Mimirauá**. 2005. 176 f. Monografia. (Engenharia de Energia e Automação Elétrica). Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 2003.