

Redes neurais artificiais aplicadas a previsões em sistemas fotovoltaicos

Artificial neural networks applied to predictions in photovoltaic systems

RESUMO

Daniel Vinicius Bento
danielbento@alunos.utfpr.edu.br
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

Este trabalho tem como objetivo implementar um modelo computacional, baseado em técnicas de redes neurais artificiais e validação cruzada, para predição da corrente elétrica gerada por um sistema fotovoltaico, localizado na região oeste paranaense. A base de dados utilizada apresenta um histórico de um ano, contendo as seguintes variáveis: hora, temperatura, irradiação solar e corrente elétrica. Os resultados obtidos sugerem que o modelo, de rede neural artificial, é adequado para prever a corrente elétrica do sistema fotovoltaico.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo computacional. Validação cruzada. Corrente elétrica.

ABSTRACT

This work aims to implement a computational model, based on techniques of artificial neural networks and cross-validation, to predict the electric current generated by a photovoltaic system, located in the western region of Paraná. The database used presents a history of one year, containing the following variables: time, temperature, solar radiation and electric current. The results obtained suggest that the model, of artificial neural network, is adequate to predict the electric current of the photovoltaic system.

KEYWORDS: Computational model. Cross validation. Electric current.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

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



INTRODUÇÃO

A geração de energia é um dos grandes problemas da atualidade. Porque o consumo de energia vem crescendo continuamente. Contudo, devido aos seus efeitos negativos, o aumento do uso de energias não renováveis deve ser levado em consideração. 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 (JARDIM, 2007).

A energia solar pode ser gerada por painéis solares que captam a luz do sol durante o dia e a transformam em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico acontece, pela incidência de fótons sobre uma superfície de um material semicondutor, fazendo com que os elétrons se agitem e comecem a percorrer a banda de condução, esta por sua vez além de ser composta por um material semicondutor, permitindo um diferencial de potencial, proporciona a geração de um campo elétrico e uma corrente elétrica (KOLLING, 2001; OYAMA, 2008).

Redes Neurais Artificiais MLP (*Multilayer Perceptron*) estão sendo aplicadas em várias áreas, tais como medicina, engenharia, física, entre outras. Podem ser aplicadas em problemas de regressão, classificação e compactação de dados. As redes neurais artificiais processam os dados de maneira muito parecida ao cérebro humano. Utilizam, no processamento de informações, o princípio de organização de neurônios do cérebro. Portanto, pode-se considerar as Redes Neurais Artificiais como um esquema de processamento capaz de armazenar conhecimento e disponibilizá-lo para determinada aplicação (PINHEIRO et al., 2020). As redes neurais também 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 (HAYKINS, 2001).

Segundo Cintra (2003) a validação cruzada (*Cross-Validation*) é uma técnica utilizada para melhorar a generalização das Redes Neurais Artificiais, evitando o *overfitting*. O *overfitting* acontece quando o modelo se ajusta muito bem aos dados observados, mostrando-se ineficaz de prever novos dados.

Neste contexto, tem-se como objetivo implementar um modelo de redes neurais artificiais, utilizando o método de validação cruzada, para estimar a corrente elétrica gerada por um sistema fotovoltaico em função da temperatura e da irradiação solar.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema fotovoltaico, utilizado para o presente trabalho, está instalado nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus de Medianeira, localizada na Av. Brasil, 4232, Medianeira, região oeste do estado do Paraná.

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.

As redes neurais MLP representam uma classe de redes neurais muito utilizadas em mineração de dados. A rede é composta por uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas de unidades de processamento e uma camada de saída. Por padrão, o seu treinamento é supervisionado e utiliza o algoritmo *backpropagation* (HAYKINS, 2001).

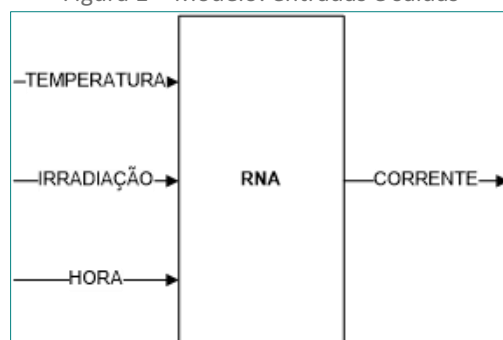
Para criar os subconjuntos de dados, de treinamento e teste, foram usadas 18720 instâncias. Neste trabalho, utilizou-se o método de validação cruzada com 10 partições estratificadas. A validação cruzada é uma técnica de fragmentação do conjunto de dados. Com esta técnica os dados são separados em n partições aproximadamente iguais e cada uma delas são utilizadas somente uma vez para testes, enquanto as demais são utilizadas para o treinamento. A desvantagem da validação cruzada é de ter que se treinar várias vezes a rede (BASTIANI et al., 2018).

No presente trabalho, os modelos foram avaliados pelas seguintes métricas (CANKURT;SUBASI, 2015): MSE (*Mean Squared Error*): É uma forma de avaliar a diferença entre um estimador e o verdadeiro valor da quantidade estimada, quanto mais próximo de zero melhor será a avaliação; RSME (*Root Mean Squared Error*): Penaliza mais os erros maiores, permite avaliar a qualidade de um previsor em relação aos dados, quanto mais próximo de zero melhor será a avaliação; r^2 (*Coefficient of determination*): A qualidade de ajuste de um modelo pode ser avaliada pelo coeficiente de determinação. Este coeficiente indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados coletados, quanto mais perto de 1 melhor será a qualidade dos ajustes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para treinar a rede foram necessários os dados de temperatura, irradiação solar, vazão de água do reservatório e hora do dia, e, posteriormente alimentá-la com dados de temperatura, irradiação solar e hora para prever a corrente elétrica (Figura 1).

Figura 1 – Modelo: entradas e saídas



Fonte: Autoria própria (2020).

Neste trabalho, implementaram-se modelos de redes neurais MLP por meio da biblioteca Keras, rodando como *frontend* em TensorFlow. O melhor modelo utilizou o algoritmo de otimização Adam com os seguintes hiperparâmetros: *MLP neurons* (camada oculta) = 9; *batch* = 200; *learning rate* = 0.01 e; *activate* = sigmoid. Na Tabela 1 apresentam-se os resultados obtidos do modelo.

Tabela 1 – Indicadores de desempenho (Conjunto de Teste)

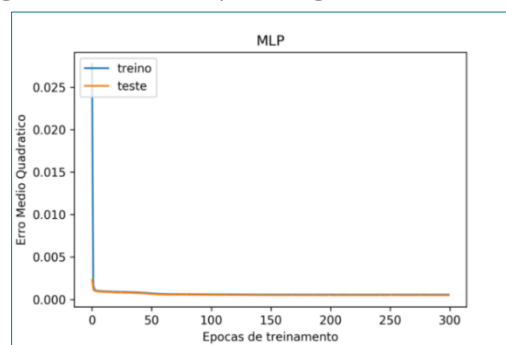
Algoritmo	r^2	MSE	RMSE
MLP	0,995	0,0005	0,022

Fonte: Autoria própria (2020).

Os resultados, para o conjunto de teste, mostram que a rede neural MLP teve um bom desempenho. Obteve um r^2 próximo de 1 e os erros, MSE e RMSE, foram muito baixos.

Na Figura 2 pode-se observar a boa estabilidade na convergência das curvas de treino e teste.

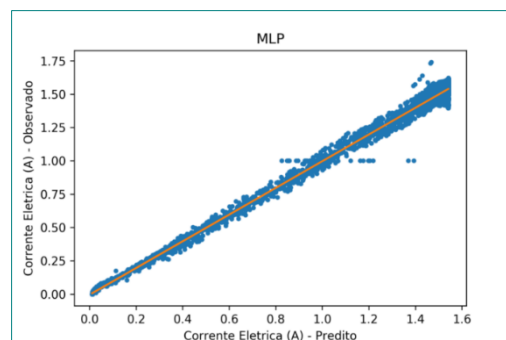
Figura 2 – Curvas de aprendizagem de treino e teste



Fonte: Autoria própria (2020).

Na sequência, avaliou-se a dispersão dos valores preditos pelo modelo em relação aos valores observados para o conjunto de teste (Figura 3).

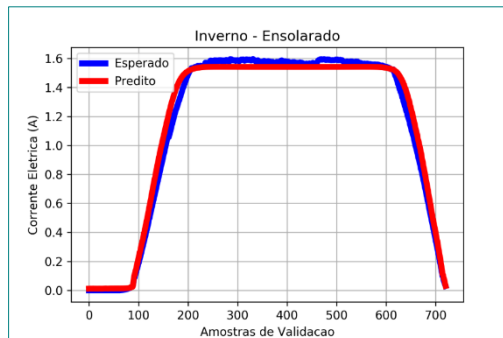
Figura 3 – Dados preditos em função de dados observados



Fonte: Autoria própria (2020).

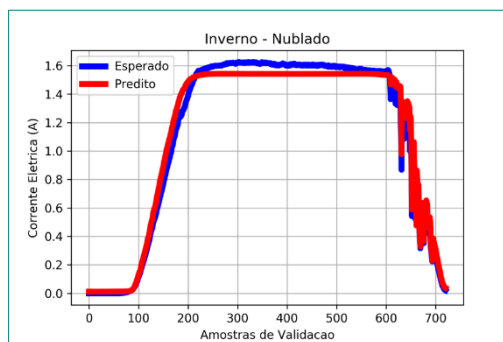
Para validação do modelo compararam-se resultados obtidos do modelo com resultados obtidos experimentalmente de dois dias do mês de julho das 6 às 18 horas (721 dados cada). Um dia sem a presença de nuvens (ensolarado) e outro com nuvens (Figuras 4 e 5).

Figura 4 – Corrente elétrica – dia sem nuvens



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 5 – Corrente elétrica – dia com nuvens



Fonte: Autoria própria (2020).

Pode-se observar, por meio dos gráficos, apresentados nas Figuras 4 e 5, que existe uma boa aproximação entre os resultados reais (experimentais) e os previstos pela RNA.

CONCLUSÃO

Este trabalho explorou o uso de técnicas de redes neurais artificiais e validação cruzada na implementação de um modelo, para estimar a corrente 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 corrente elétrica do sistema fotovoltaico foi aplicado aos dados de dois dias do mês de julho, que não participaram das fases de treinamento e teste, as previsões apresentaram um bom resultado e as diferenças entre valores reais e previstos foram pequenas. Portanto, foi possível concluir que o modelo pode ser utilizado na previsão da corrente elétrica do sistema de fotovoltaico estudado neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

BASTIANI, M.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A P.; Sepulveda G. P. L. Application of data mining algorithms in the management of the broiler production. **Geintec**. vol. 8, 2018.

CANKURT, Selcuk; SUBASI, Abdulhamit. Comparison of linear regression and neural network models forecasting tourist arrivals to Turkey. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 3., 2012, Sarajevo. **Anais ...**, . Sarajevo: International Burch University,, 2012. p. 4-5.

CINTRA, E. C. **Aplicação de redes neurais no controle de teores de cobre e ouro do depósito de chapada (GO)**. 2003. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/103035>. Acesso em: 05 mai. 2020.

JARDIM, C. S. **A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/90237>. Acesso em: 30 abr. 2020.

HAYKINS, S. **Redes neurais: princípios e práticas**. Porto Alegre: Bookman; 2001.

KOLLING, E. M. **Análise de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2001.

MICHELS, R. N. **Avaliação de um Sistema de bombeamento de água alimentado por painéis fotovoltaicos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

OYAMA, P. T. **Vazão de uma motobomba acionada por painéis fotovoltaicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2008.

PINHEIRO, T. C.; SANTOS, J. A. A.; PASA, L. A. Gestão da produção de frangos de corte por meio de redes neurais artificiais. **Revista Holos**, vol. 2, 2020.