

## **EXTRAPOLAÇÃO DE SÉRIES TEMPORAIS DE FLUXOS ENERGIA MEDIANTE A TÉCNICA DE REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS**

MACIEL ROCHA DA SILVA<sup>1</sup>, VICTOR COELHO DO NASCIMENTO<sup>2</sup>, IGOR REVELLES GOMES LUNA<sup>3</sup>; BORJA RUIZ REVERTER<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (UFPB Campus II), Areia-PB. E-mail: macielr87@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (UFPB Campus II), Areia-PB. E-mail: victorvcn@hotmail.com

<sup>3</sup>Graduando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (UFPB Campus II), Areia-PB. E-mail: revellesigor@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Professor adjunto II, Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais, Centro de Ciências Agrárias (UFPB), Areia-PB, borja@cca.ufpb.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** As séries temporais de variáveis micrometeorológicas medidas no campo, com frequência apresentam lacunas que devem ser preenchidas para poder levantar conclusões sobre o comportamento do ecossistema a escala anual. Uma das maneiras mais eficientes de resolver esse problema experimental é usando a técnica das redes neurais artificiais. Neste trabalho, tal técnica foi usada para prever as séries temporais de dois fluxos de energia, especificamente o calor sensível e o calor latente, durante o mês de dezembro de 2013 a partir dos dados experimentais dos meses anteriores do mesmo ano medidos em uma área de Caatinga semiárida. A comparação entre as séries reais e as séries simuladas pela rede neural mostram um grande acordo, o que indica que tal técnica se mostra de fato efetiva para fazer estimativas de variáveis agrometeorológicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluxos de energia, redes neurais artificiais, agrometeorologia.

## **EXTRAPOLATING TEMPORAL SERIES OF ENERGY FLUXES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

**ABSTRACT:** The temporal series of micrometeorological variables measured at the field usually present gaps that need to be filled in order to achieve conclusions about the behavior of the ecosystem in a yearly basis. One of most efficiency procedures to resolve this experimental problem is using the artificial neural network technique. In this work, such technique was used to forecast temporal series of energy fluxes, specifically sensible and latent heat fluxes, during December 2013 from experimental data of previous months of 2013 measured in a semiarid Caatinga. Real series is in a good agreement with simulated series by the neural network. This indicates that such technique is able to achieve effective estimations of agrometeorological variables.

**KEYWORDS:** Energy fluxes, artificial neural network, agrometeorology.

## **INTRODUÇÃO**

Para monitorar o comportamento de uma cultura, uma floresta ou qualquer tipo de ecossistema em resposta a algum agente externo habitualmente é colocada uma estação meteorológica em algum ponto representativo do mesmo. Estas estações meteorológicas registram variáveis tipicamente ambientais a uma determinada frequência temporal, as quais são posteriormente analisadas para tal monitoramento. Porém é bastante habitual que aconteçam perdas de dados que comprometem em

maior ou menor medida as conclusões sobre o estudo do ecossistema. De fato, no caso dos fluxos de calor sensível e vapor de água, estas lacunas de dados habitualmente podem atingir até um 30 % da série temporal a estudar (Falge, 2001).

Em virtude da inviabilidade do emprego de métodos empíricos ou matemáticos para a estimativa de algumas variáveis ambientes úteis, faz-se necessário a aplicação de um método alternativo, prático e econômico, capaz de fornecer valores precisos mesmo quando dados meteorológicos complementários para tal estimação encontram-se indisponíveis. Nos últimos anos, uma nova abordagem nomeada Redes Neurais Artificiais (RNA) tem sido também usada para estimar variáveis ambientais de maneira indireta. Esta abordagem é bastante inovadora, pois as RNAs não necessitam compreender os processos inerentes ao ecossistema. Uma RNA é um conjunto de unidades individuais de processamento chamadas neurônios cujas combinações lineares são convertidas por uma função não linear chamada função de ativação (Haikin, 1994). Não linearidade é, na verdade, o que faz com que as RNA sejam muito potentes na modelagem de problemas complexos como estimação dos fluxos de energia. As RNAs trabalham similarmente ao cérebro humano no sentido que elas aprendem com a experiência. Redes neurais são, de fato, capazes de generalizar, isto é, produzir saídas razoáveis a partir de entradas não encontradas durante o treinamento.

As RNAs particularmente úteis para modelar processos físicos não lineares. As RNAs são uma potente ferramenta que está sendo usando em campos bem diferentes, e ainda em muitas áreas da agronomia e meteorologia: modelagem hidrológica (Santos et al., 2003), reconhecimento de padrões (Bishop, 1995), previsão climática (Hill et al., 1996), preenchimento de dados perdidos em séries temporais contínuas (Serrano-Ortiz et al., 2009) ou ainda para prever o comportamento de séries temporais no campo de economia (Kaastra et al., 1996)

Neste trabalho, aplicam-se as Redes Neurais Artificiais para estimar o fluxo de calor sensível (H) e calor latente (LE).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Na aplicação da técnica das redes neurais artificiais foram usados dados meteorológicos de fluxos de energia do ano de 2013 da torre *eddy covariance* pertencente ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) na localidade de Campina Grande – PB.

A série temporal de 2013 foi separada em duas. Os meses de janeiro a novembro foram usados para treinar a rede neural. O mês de dezembro foi usado para comparar os valores reais da série com os valores simulados pela rede. Para o treino da rede foram removidas as lacunas de dados, representadas com o valor -9999 na série temporal, para evitar problemas de divergência no treinamento da rede.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Uma vez que a rede foi treinada com os dados dos meses de Janeiro a Novembro de 2013, procedeu-se à simulação para o mês de Dezembro de 2013. As figuras 1 e 2 mostram o resultado comparativo entre o fluxo de calor latente e o fluxo de calor sensível reais e simulados.

Figura 1: Comparação temporal entre a energia de evaporação real e simulada

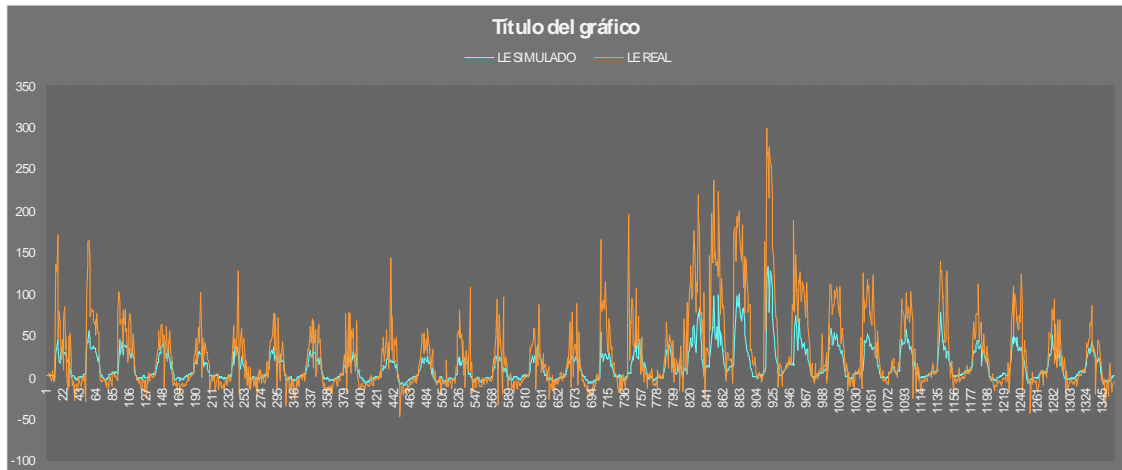
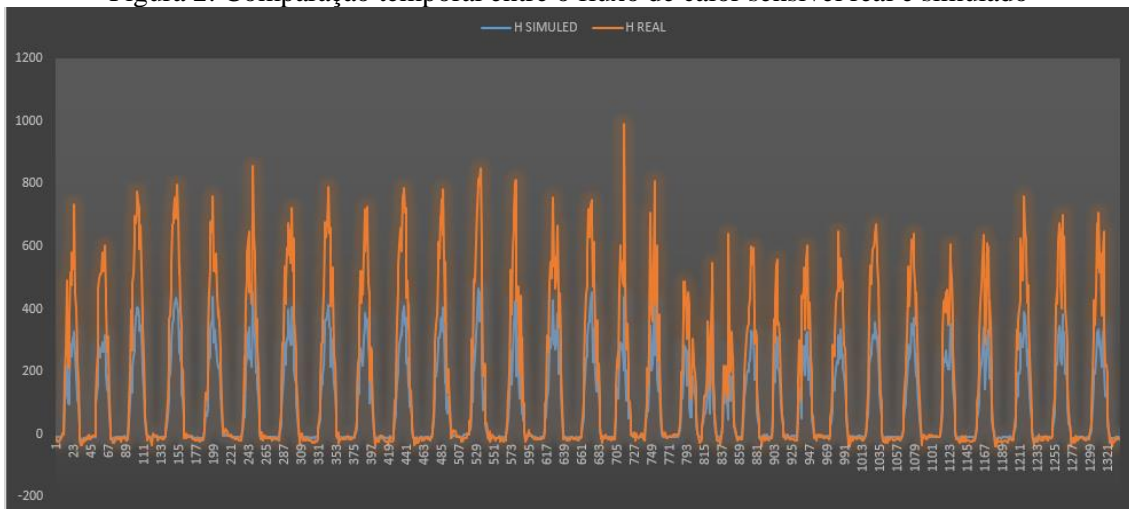


Figura 2: Comparação temporal entre o fluxo de calor sensível real e simulado



As figuras 3 e 4 mostram como a simulação das variáveis LE e H se aproxima muito a seus valores reais para o mês de dezembro 2013, pois a inclinação da reta é muito próxima à unidade.

Figura 3: Fluxo de calor latente (LE) real frente ao simulado.

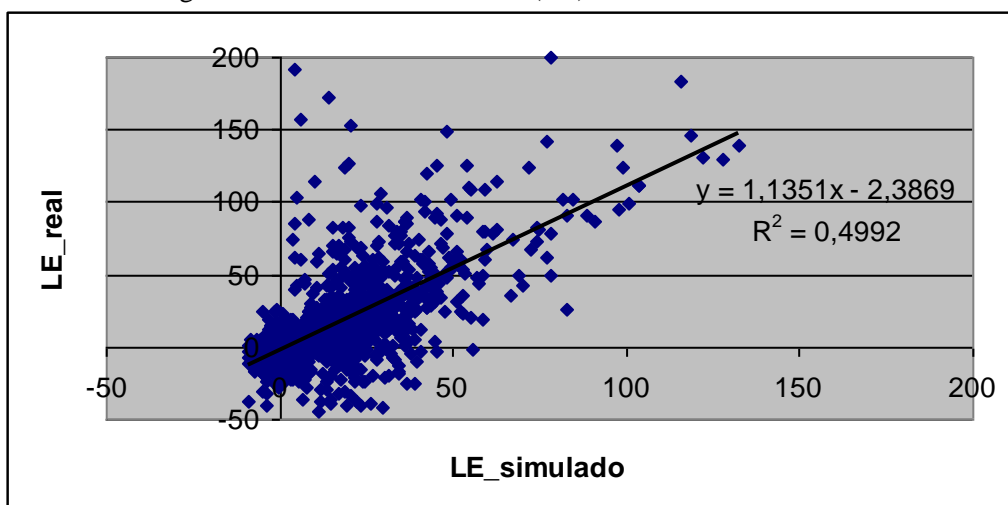
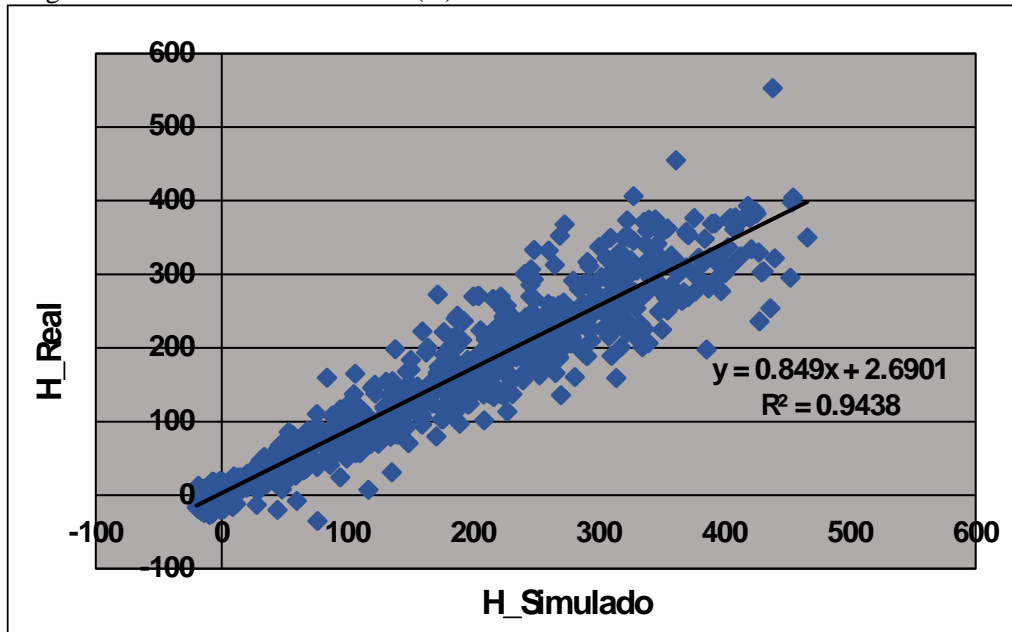


Figura 4: Fluxo de calor sensível (H) real frente ao fluxo de calor sensível simulado.



## CONCLUSÕES

A comparação entre as series reais e as series simuladas pela rede neural mostram um grande acordo e, portanto, concluímos que a técnica das redes neurais artificiais se mostra de fato efetiva para fazer estimativas de variáveis agrometeorológicas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) por ter emprestado os dados. Também agradecemos o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por financiar a bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Bishop, C. M. Neural networks for pattern recognition. Oxford university press, 1995.
- Falge, E. Gap filling strategies for long term energy flux data sets, Agricultural and Forest Meteorology, Volume 107, Issue 1, 1, 2001, Pages 71-77.
- Haykin, S. "Neural networks." New York, MacMillan. 1994.
- Hill, T.; O'Connor, M.; Remus, W. Neural network models for time series forecasts. Management science, v. 42, n. 7, p. 1082-1092, 1996.
- Kaastra, I.; Boyd, M. Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. Neurocomputing, v. 10, n. 3, p. 215-236, 1996.
- Santos, C. C. P. F. A. José.(2003). "Modelagem hidrológica urbana por meio de redes neurais artificiais: uma aplicação para a bacia do rio Tamanduateí em São Paulo SP." Revista Brasileira de Meteorologia 18: 149-159.
- Serrano-O, P., F. Domingo, et al. (2009). "Interannual CO2 exchange of a sparse Mediterranean shrubland on a carbonaceous substrate." Journal of Geophysical Research 114: G04015.