



Evento: XXX Jornada de Pesquisa ▾

PREVISÃO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DA UMIDADE DO SOLO ATRAVÉS DE REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS ¹

Jéssica Eduarda Kuhn², Marcia de Fatima Brondani Binelo³, Manuel Osorio Binelo⁴

¹ Trabalho de pesquisa realizado no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - Unijuí;

² Bolsista Capes do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - Unijuí;

³ Profa. Dra. do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - Unijuí;

⁴ Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - Unijuí.

INTRODUÇÃO

A modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda a simulação de sistemas reais para prever seu comportamento. Seu processo envolve a construção de um modelo, que é um conjunto de símbolos e relações matemáticas usados para representar um fenômeno ou problema real. Esse modelo é sempre uma aproximação da realidade, permitindo analisá-la e compreendê-la melhor (BIEMBENGUT & HEIN, 2013).

Desta forma, este estudo propõe realizar a modelagem matemática e computacional da variação diária da umidade do solo, utilizando redes neurais artificiais, em uma propriedade agrícola da região Noroeste Gaúcha. Através de dados meteorológicos e de solo, busca-se obter um modelo capaz de prever esta variação para o dia seguinte.

O conhecimento da umidade do solo desempenha um papel fundamental na agricultura, sendo determinante para o crescimento das plantas, a eficiência da irrigação e o balanço hídrico em ecossistemas agrícolas (ADEYEMI et al., 2018; CAI et al., 2019). Tais fatores estão diretamente alinhados com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa observacional e bibliográfica, cujos dados utilizados fazem parte do projeto “Plataforma Digital de Monitoramento de Sistemas de Irrigação”, que pode ser consultado no link <<https://sensores.unijui.edu.br/solo>>. Para este trabalho, especificamente, foi analisado um sensor pertencente a uma localidade agrícola do município



de Pejuçara, cujos dados consistem em médias diárias no período de 01/02/2024 a 12/08/2024.

A etapa experimental conta com a aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA). As RNA são modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano, compostos por unidades básicas de processamento denominadas neurônios (SICSÚ; SAMARTINI; BARTH, 2023). Esses modelos passam por um processo de aprendizado, no qual analisam grandes volumes de dados para identificar padrões complexos e não lineares.

A configuração de uma RNA envolve uma série de decisões, como a escolha das funções de ativação, o tipo de arquitetura da rede, o número de camadas ocultas e a quantidade de neurônios em cada camada (HAYKIN, 2001). Tais definições dependem diretamente das características do conjunto de dados utilizado, sendo normalmente realizadas por meio de experimentação e ajustes sucessivos.

A variável de interesse na construção do modelo é denominada Delta U, representa o ganho ou a perda de umidade entre dias consecutivos, sendo calculada como a diferença entre a umidade do solo do dia seguinte ($t + 1$) e a do dia atual (t).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversas simulações foram realizadas no ambiente *Python (Google Colab)*. São analisadas as previsões das variações diárias da umidade do solo em duas profundidades, utilizando métricas de erro e comparações gráficas entre os valores reais e previstos.

Utilizamos uma RNA do tipo *Feedforward* composta por uma camada de entrada e uma de saída. A rede foi alimentada com nove atributos: umidade do solo (0-20cm e 20-40cm), temperatura do solo (em duas profundidades), radiação solar, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, precipitação e volume de água da irrigação. Como saída, a rede previa as variações diárias da umidade do solo ($\Delta U1$ e $\Delta U2$) para as duas profundidades.

O treinamento da RNA foi realizado com o otimizador Adam e, inicialmente, 500 épocas. As métricas de avaliação foram o Erro Quadrático Médio (MSE) e o Erro Médio Absoluto (MAE), e os dados foram divididos em 70% para treinamento e 30% para teste.

Conduzimos experimentos sistemáticos, explorando distintas arquiteturas e funções de ativação. Inicialmente, testamos uma arquitetura com uma única camada oculta, avaliando as funções de ativação *ReLU*, *tanh* e linear, com 8, 16, 32 e 64 neurônios. Cada configuração

foi treinada três vezes para reduzir os efeitos da aleatoriedade. Em seguida, investigamos arquiteturas com duas camadas ocultas, combinando diferentes quantidades de neurônios (8-4, 16-8, 32-16 e 64-32) e as mesmas funções de ativação.

Após uma análise comparativa dos resultados, a configuração com uma camada oculta de 16 neurônios, ativação linear e função *tanh* na camada de saída, foi selecionada como modelo final. Esta configuração foi então reavaliada com 1000 épocas de treinamento, oferecendo o melhor equilíbrio entre desempenho e simplicidade.

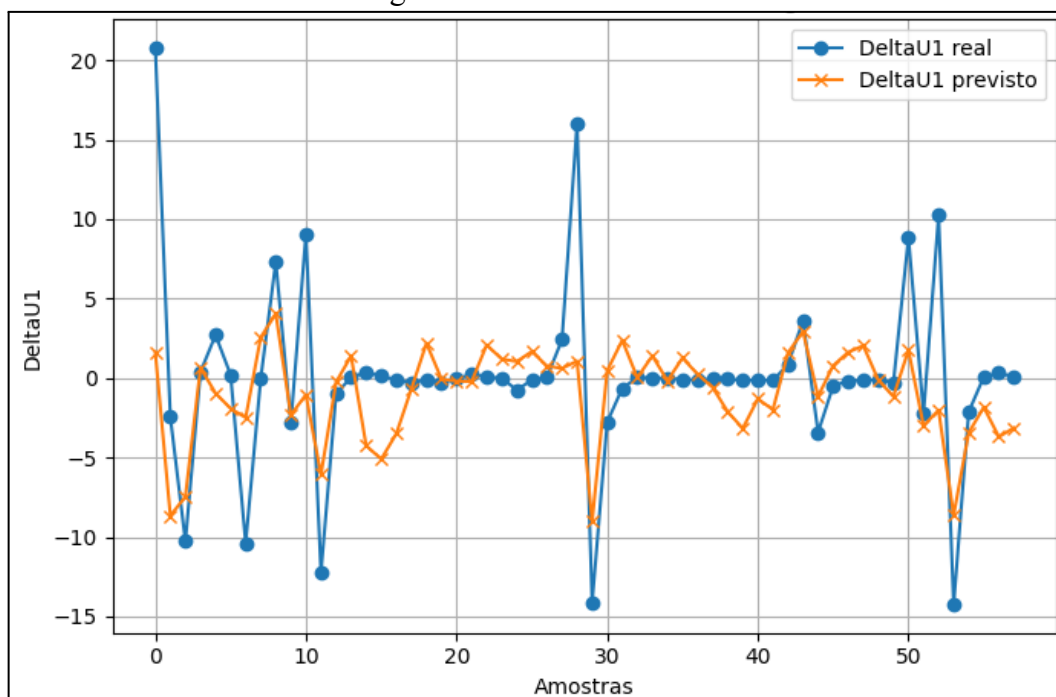
As métricas obtidas com o modelo final foram:

- Conjunto de Treino: MSE de 0,0138 e MAE de 0,0836;
- Conjunto de Teste: MSE de 0,0106 e MAE de 0,0678.

Como os pesos do modelo são inicializados aleatoriamente, os resultados podem variar entre execuções, porém os melhores testes apresentaram correlação de 0,5685 para $\Delta U1$ e 0,5508 para $\Delta U2$, considerando valores previstos e reais no conjunto de teste. Esses valores indicam uma correlação moderada.

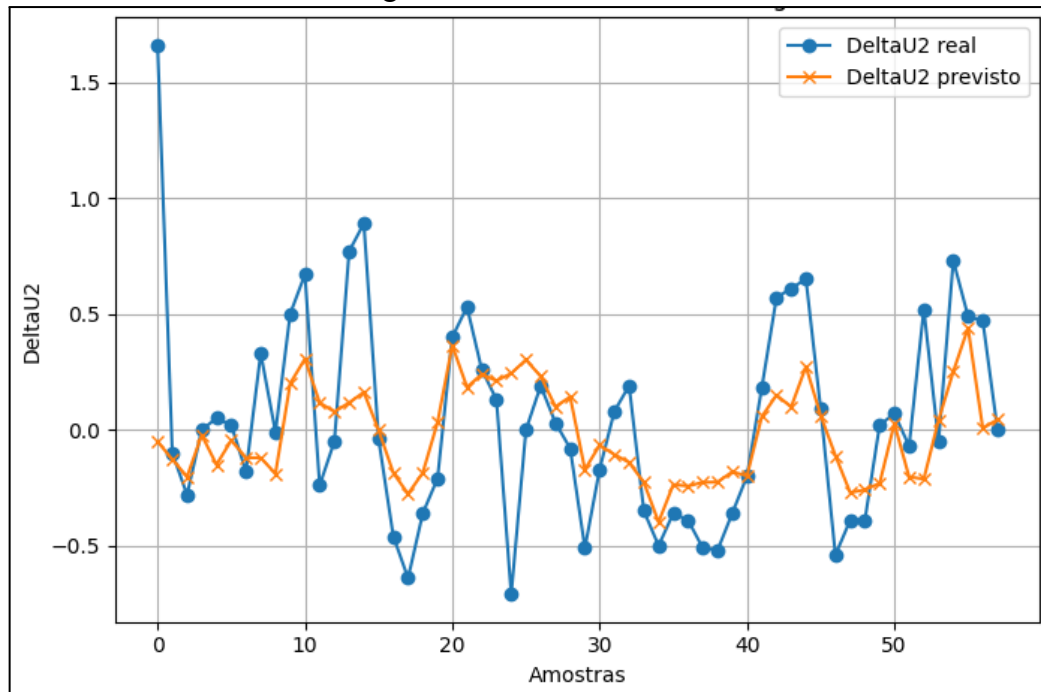
As Figuras 1 e 2 apresentam os gráficos de desempenho da RNA.

Figura 1. Previsão do $\Delta U1$.



Fonte: Autores, 2025.

Figura 2. Previsão do ΔU_2 .



Fonte: Autores, 2025.

Embora o modelo não atinja previsões exatas, os resultados sugerem que ele consegue representar, em alguma medida, os padrões de variação da umidade com base nas variáveis de entrada. Dessa forma, o modelo pode oferecer suporte inicial à análise do comportamento da variação da umidade do solo, especialmente em aplicações onde a precisão absoluta não é essencial, como em estimativas preliminares para o manejo da irrigação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de modelos baseados em RNA, como o que apresentamos, tem se mostrado uma abordagem altamente promissora na previsão de fenômenos complexos, dada sua notável capacidade de aprendizado e previsão. Os resultados alcançados até o momento com este modelo indicam um potencial significativo.

É fundamental reconhecer que a modelagem de dados reais, provenientes de ambientes com alta variabilidade natural, sempre apresenta desafios inerentes. Mesmo diante dessa complexidade e sem atingir erros mínimos ou correlações extremamente elevadas, os resultados iniciais obtidos estão alinhados com a natureza do sistema analisado.



Para futuros aprimoramentos, a inclusão de novas variáveis, maior conjunto de dados e a exploração de arquiteturas de RNA mais complexas podem contribuir substancialmente para aumentar a precisão e robustez do modelo, ampliando ainda mais suas aplicações práticas no manejo agrícola sustentável.

Palavras-chave: Umidade do solo. Modelo matemático. Redes Neurais Artificiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEYEMI, O. et al. Dynamic neural network modelling of soil moisture content for predictive irrigation scheduling. **Sensors**, MDPI, v. 18, n. 10, p. 3408, 2018.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino**. 5. ed. São Paulo: Contexto, 2013.

CAI, Y. et al. Research on soil moisture prediction model based on deep learning. **PloS one**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 14, n. 4, p. e0214508, 2019.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. [S.l.]: Bookman Editora, 2001.

SICSÚ, A.; SAMARTINI, A.; BARTH, N. **Técnicas de machine learning**. [S.l.]: São Paulo: Blucher, 2023.