

Evento: XXX Seminário de Iniciação Científica.

## **APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS EM UM MEDIDOR DE UMIDADE DE GRÃOS <sup>1</sup>**

### **APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DISCRETE ELEMENTS METHOD IN A GRAIN MOISTURE METER**

**Joana Garcia Câmara<sup>2</sup>, Marcia B. Binelo<sup>3</sup>, João G. F Schefer<sup>4</sup>, Manuel O. Binelo<sup>5</sup>, João Fernando Weber<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa desenvolvido na Unijuí.

<sup>2</sup> Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/UNIJUÍ 2021/2022 e acadêmica do curso de Engenharia Elétrica, UNIJUÍ.

<sup>3</sup> Professora orientadora, UNIJUÍ.

<sup>4</sup> Bolsista de Iniciação Científica CNPq/UNIJUÍ 2021/2022 e acadêmico do curso de Ciência da Computação, UNIJUÍ.

<sup>5</sup> Professor o PPGMMC, UNIJUÍ

<sup>6</sup> Engenheiro Eletricista, FW Instrumentação, Ciatec, UNIJUÍ

## **INTRODUÇÃO**

Segundo Golldfarb & Queiroga (2013), fatores como a umidade do ar e temperatura são de extrema importância para não afetar as características físico químicas dos grãos, pois estão em constante busca do equilíbrio higroscópico com o ambiente e, com isso, tendem a absorver ou perder água dependendo dos níveis de temperatura e umidade aos quais estão expostas. Com o objetivo de evitar perdas e melhorar a qualidade da armazenagem, os grãos passam por processos de determinação de umidade, que estão classificados como: diretos e indiretos (DA SILVA, 2009).

Na determinação por meio da capacitância, um método indireto, uma quantidade de soja é acondicionada em um recipiente fechado e, quando submetida a uma diferença de potência, tem o comportamento semelhante a um capacitor. Os grãos representam a camada dielétrica do elemento que, dependendo do grau de umidade que se encontram, demonstram ou não uma facilidade para circular corrente (OLIVO et al., 2010). Porém, como a soja possui o formato que varia entre elíptica, oblonga, oval e obovada, ao ser armazenada não ocupa o recipiente em sua totalidade, deixando espaço vazios que são correspondentes a porosidade, que também é afetada pela umidade (BALBINOT, 2017 apud PADILHA, 2007).

Como um dos métodos mais comuns de IA, as Rede Neurais Artificiais - RNAs são



algoritmos que constroem modelos matemáticos que simulam a atividade realizada pelas células cerebrais, podem ser divididas entre as de camada única ou multicamadas (SILVA, 2019).

Além disso, no caminho de desenvolver métodos de determinação de umidade mais precisos ou com diferentes tecnologias, são aplicados diferentes tipos de simulações como Método de Elementos Discretos - MED. Método numérico que, segundo Mentges (2019), analisa um grande conjunto de partículas em um ambiente que pode ser fixo ou móvel e varia no tempo. Segundo Kozicki & Donze (2009), o YADE-OPEN-DEM é um *framework* de livre acesso que tem como principal objetivo fornecer um ambiente uniforme e estável para cientistas aplicarem e desenvolverem algoritmos com o MED.

Este trabalho se iniciou com a aplicação de uma RNA que tem como objetivo a determinação da umidade do milho através de dados de temperatura e tensão elétrica e analisar os resultados obtidos pelo treinamento e aplicação. Posteriormente, foram realizadas simulações que utilizam do MED para determinar a organização dos grãos de soja e a porosidade de um recipiente ao ser preenchido pelos grãos.

## **METODOLOGIA**

Os dados trabalhados foram obtidos por experimentos práticos realizados pela empresa FW sediada na Criatec da Unijuí, em que utilizou do método direto para determinação da umidade presente em uma certa amostra de grãos de milho dividida em vinte parcelas, que consistiu em realizar três aferições de umidade, temperatura e tensão do equipamento utilizado para cada uma das parcelas.

Utilizando a ferramenta Collaboratory do Google, foi desenvolvido uma RNA, em linguagem de programação Python, que possui como entradas os valores de tensão elétrica e temperatura e como saída, a umidade dos grãos. Os dados foram divididos em 75% para o treinamento e 15% para testes que validam o funcionamento da RNA. Para o treinamento foi necessário o processamento das informações por meio do agrupamento dos valores de entrada e saída em matrizes. Como os dados são apresentados de forma que possuem intervalos variados e um padrão de vetor que pode ser desfeito no processo de treinamento, foi necessária a normalização, isto é, o ajuste dos valores em escalas mínimas de 0 a 1.

Já para configurar a rede, são necessárias a inserção de alguns parâmetros como a



determinação da amplitude dos valores de entrada, a quantidade de camadas escondidas e a quantidade de saídas. Então, por meio da biblioteca *neurolab*, pode-se criar a rede, unindo as informações declaradas dando início ao treinamento; É necessário, então, informar os parâmetros que a entrada, o “alvo” que o treinamento quer atingir, determinado pelos valores de umidade reais existentes, as épocas e o objetivo, que está relacionado ao erro, que se deve alcançar. Para a validação dos resultados, foram realizados os cálculos de Erro Médio Absoluto - MAE e erro relativo percentual - E para treino e teste e, também, processo inverso ao de normalização dos dados foi realizado com os resultados.

Na parcela do experimento envolvendo grãos de soja, foi desenvolvido um código em Python que constrói uma simulação, dentro do Yade, da organização das partículas de soja em uma caixa de acrílico. Foram feitas buscas das propriedades físicas do acrílico e da soja, como densidade, ângulo de fricção, coeficiente de Poisson, módulo de Young e raio médio do soja, que tinham sido apresentados por Mentges (2019) e Lorenzoni (2018).

O código conta com os parâmetros dos materiais, a criação de uma caixa, de aproximadamente  $575 \text{ cm}^3$ , um funil, localizado na face aberta da caixa, uma nuvem de partículas, com raio médio da soja, os motores de simulação, que determinam as forças e leis da física, uma função que determina o tempo ideal para realizar o cálculo das novas posições das partículas e uma função que remove as partículas que excedem a caixa e, além disso, realiza o cálculo da porosidade presente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A RNA resultou no Gráfico 1, em que pode-se observar que os resultados são próximos aos dados originários, fazendo com que seja possível afirmar que a RNA realizou a aprendizagem almejada. Além disso, os cálculos de MAE e E reforçaram que os erros resultantes da RNA são ínfimos, como observados na Tabela 1.

A simulação no YADE apresentou resultados satisfatórios, como podem ser vistos na Figura 1, em que: a) é o estado inicial da caixa e da nuvem; b) as partículas caindo; c) as partículas já acomodadas, porém excedendo o volume da caixa; e d) o resultado final ideal.



Gráfico 1 - Resultado da RNA.

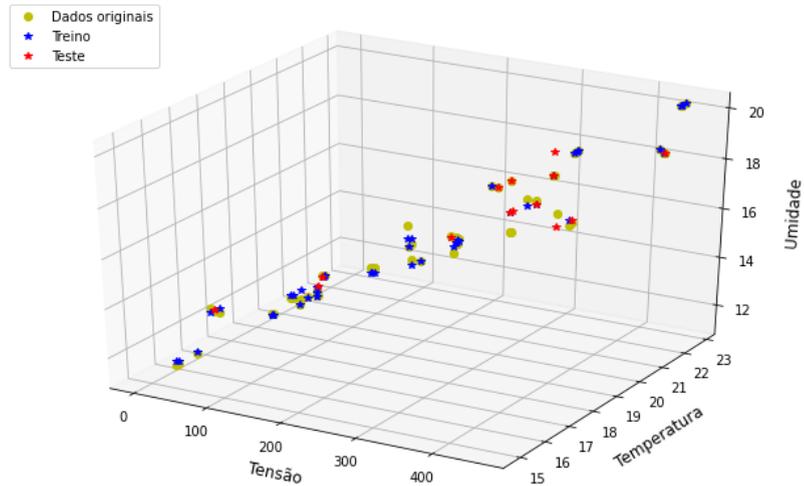
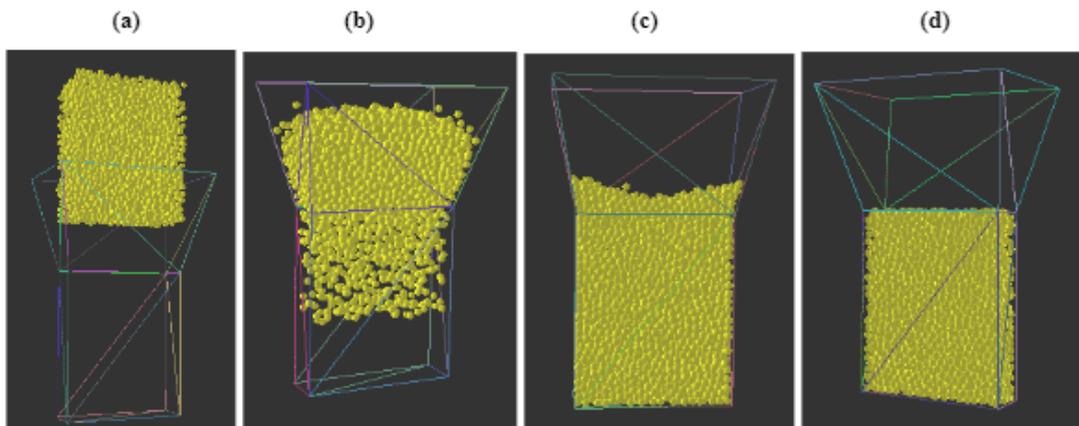


Tabela 1 - Resultados dos erros.

Erro	Treinamento	Teste
<b>Absoluto</b>	0,0161	0,0286
<b>Relativo (%)</b>	3,1607	5,4616

Figura 1 - Simulação das partículas de soja no YADE.



Ao final, foi possível determinar a porosidade da soja, que é aproximadamente 45,5%, que quando comparado a Shirkole, Kenghe & Nimkar (2011), que em seus experimentos encontraram 44%, e Mentges (2019), que fala da porosidade da soja variar de 30% a 50%, se tornam válidos.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a produção de grãos nacional crescendo a cada ano, são necessários métodos mais eficazes de processamento de dados e ferramentas de armazenamento e conservação. Com isso, os resultados se mostraram satisfatórios, validando os métodos usados e permitindo com que sejam utilizados para parâmetros de comparação com futuros experimentos práticos.

**Palavras-chave:** Soja. Milho. Umidade. Porosidade.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio de bolsa PIBIC/Unijuí.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT, Eliezer José. **Estudo dos efeitos das propriedades morfológicas sobre o escoamento de grãos de aveia**. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - UNIJUÍ, Ijuí. 2017.

DA SILVA, Luís César. Quebras de Impureza e Umidade. **Boletim Técnico: AG**, v. 1, n. 09, 2009.

GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. de P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

KOZICKI, Jan; DONZE, Frederic V. **YADE-OPEN DEM: An open-source software using a discrete element method to simulate granular material**. Engineering Computations, 2009.

LORENZONI, Ricardo Klein. **Modelagem matemática e simulação computacional do escoamento de grãos em secadores de fluxo misto utilizando o método dos elementos discretos**. 2018.

MENTGES, Maiara. **Modelagem matemática e simulação computacional do fluxo de grãos com presença de partículas de impurezas em secadores**. 2019.

OLIVO, T. et al. Determinação da Umidade da Soja por Medida Capacitiva. In: **XVII Brazilian Conference on Automation**. p. 4195-4201. 2010.

SHIRKOLE, S. S.; KENGHE, R. N.; NIMKAR, P. M. Moisture dependent physical properties of soybean. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 3, n. 5, p. 3807-3815, 2011.

SILVA, F. M. d. Inteligência artificial. Porto Alegre: SAGAH, 2019. Recurso eletrônico. ISBN 978-85-9502-939-2.