

APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE DEEP LEARNING BASEADA EM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES DE ESCOAMENTO

SOFIA PAGLIARINI¹; JOÃO INÁCIO MOREIRA BEZERRA²; RONEY MENEZES MEIRELLES JÚNIOR³; EDEN TAYLOR DALA BARBA CORREA⁴; LETICIA BARROS DIAS SOARES⁵; MARLON HERNANDEZ-CELY⁶

¹Universidade Federal de Pelotas UFPel, Centro de Engenharias CENG -
sofiapagliarini@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas UFPel, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação – jimbezerra@inf.ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas UFPel, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática – rjmeirelles999@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas UFPel, Centro de Engenharias CENG –
dalabarbacorrea@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas UFPel, Instituto de Física e Matemática IFM -
leticiaabarro1996@yahoo.com.br

⁶Universidade Federal de Pelotas UFPel, Centro de Engenharias CENG –
marlon.cely@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Após a Quarta Revolução Industrial e o surgimento das tecnologias associadas, houve um grande avanço no estudo e na aplicação dessas inovações. Com essa revolução, também conhecida como Indústria 4.0, potencializou a análise utilizando a Inteligência Artificial, um pilar que inclui o aprendizado de máquina, especialmente o *Deep Learning* (ABDUVAYAT et al., 2004).

No âmbito do aprendizado de máquina, existem diversas técnicas que podem ser aplicadas. No entanto, o método utilizado neste estudo é a Rede Neural Artificial, que, com sua própria base de dados, consegue treiná-la e testá-la para alcançar alta precisão em relação ao problema proposto (GRASSI et al., 2008).

Considerando algoritmos baseados em Inteligência Artificial, eles podem ser aplicados em muitos campos, dada sua flexibilidade e utilidade. No entanto, a indústria foco aqui é a de Óleo e Gás. Este setor lida com dutos industriais que apresentam misturas de fluxos multifásicos que precisam ser identificadas e classificadas adequadamente, conforme os padrões estabelecidos na literatura. Portanto, o uso de técnicas de *Deep Learning*, como a Rede Neural Artificial, é apropriado, uma vez que essas técnicas lidam bem com problemas de classificação (HANUS et al., 2018).

Nesta pesquisa, foi realizado um estudo comparativo com CELY et al. (2024), que, utilizando algoritmos de Redes Neurais Artificiais na análise, comparou as classificações de padrões de escoamento e a porcentagem de acurácia encontrada por 16 autores diferentes. Dado por finalizada a etapa de treinamento e teste das Redes Neurais, o presente estudo atingiu altas porcentagens, além de uma média de 94,38% de acurácia na classificação de padrões de escoamento bifásico óleo-água na horizontal.

No que tange à aplicação de técnicas de Inteligência Artificial em fluxos multifásicos, é urgente um estudo sobre o uso de Redes Neurais Artificiais para identificar padrões de escoamento, com o objetivo de entender melhor o fluxo nos

duto industriais e, futuramente, auxiliar na identificação de possíveis erros ou anomalias, reduzindo custos e tempo.

2. METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de um estudo de comparação com o trabalho de CELY et al. (2024), uma vez que este faz o uso de algoritmos baseados em Redes Neurais Artificiais com dados de 16 autores para classificar oito padrões de escoamento bifásico óleo-água na horizontal.

Os padrões de escoamento determinados na literatura (AL-SARKHI et al., 2017) se dá por: Estratificado (ST), o qual conta com a separação dos líquidos pela ação da gravidade, tendo o óleo em cima; Estratificado com Mistura na Interface (St & Mi), similar ao ST porém com uma interface interna que apresenta gotas na intersecção dos líquidos; Intermitente (I), devido a ação dos pistões presentes nas seções dos dutos, tem a característica de alternância dos líquidos; Anular (A), o qual acontece quando há altas velocidades nos dutos, produz uma fina camada de água nas paredes enquanto o óleo fica no centro; Dispersão de água em óleo (D w/o), tendo maior fração de óleo no fluxo com gotas dispersas de água; Dispersão de óleo em água (D o/w), ao contrário do anterior, este tem as gotas dispersas de óleo em maior predominância de água; Dispersão de óleo em água e água (D o/w & w), este além de ter as gotas de óleo dispersas em água, contém junto algumas gotículas de água; Dispersão de água em óleo e óleo em água (D w/o & D o/w), o qual apresenta ambas as dispersões de forma alternada (CAI et al., 2012).

Por conseguinte, foram determinadas etapas para o desenvolvimento da pesquisa, explicitada na Figura 1, em que parte desde a separação de dados dos sinais capturados pelos sensores de cada autor em análise, passando pela formatação dos dados em formato .csv, para que pudessem ser utilizados na produção de algoritmos das Redes Neurais, até o processo de análise de resultados, a fim de que faça-se a comparação de estudos desejada.

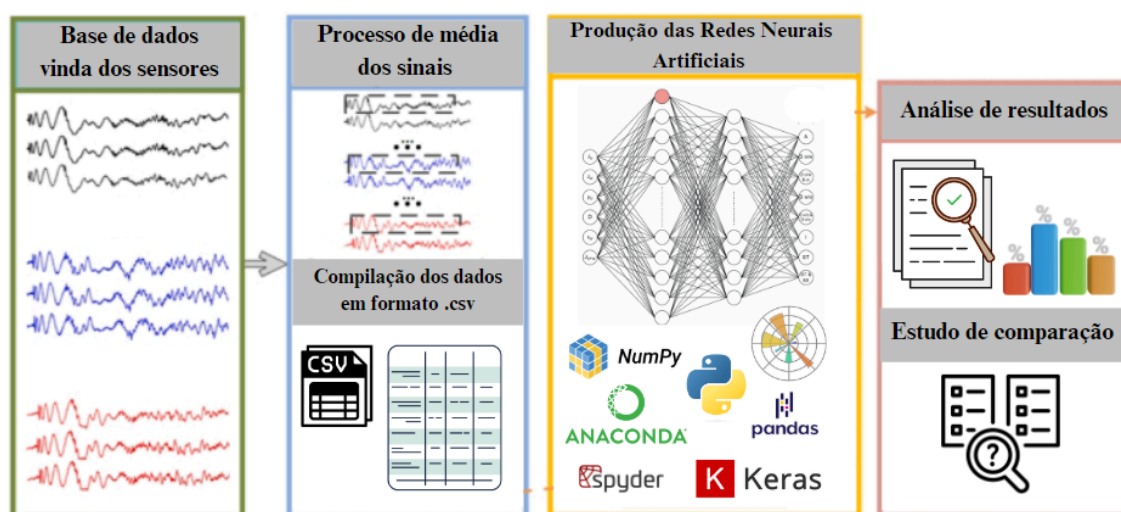


Figura 1 - Esquema das etapas a serem seguidas na pesquisa.

A partir deste esquema, foi decidido que a implementação seria feita na linguagem de programação *Python*, utilizando o *software Spyder*. A escolha dessa linguagem deve-se à sua facilidade de uso e à eficiência na conclusão de tarefas,

graças às suas bibliotecas instaláveis. O *Spyder* foi selecionado porque é um ambiente que trabalha com códigos voltados para Inteligência Artificial e produção científica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a conclusão das etapas de teste e treinamento, os resultados foram apresentados por meio da acurácia, definida como a razão entre predições corretas e o total de predições. Os algoritmos desenvolvidos mostraram resultados de acurácia muito próximos ao estudo de referência de CELY et al. (2024), com alguns resultados superiores e outros ficando ligeiramente abaixo, mas sempre dentro de um intervalo semelhante. As maiores acurácias alcançadas neste estudo foram de 96,30% e 100%, conforme ilustrado na Figura 2, com uma média geral, considerando os 16 autores, de 94,38% de acerto na classificação dos padrões de escoamento bifásico óleo-água na horizontal.

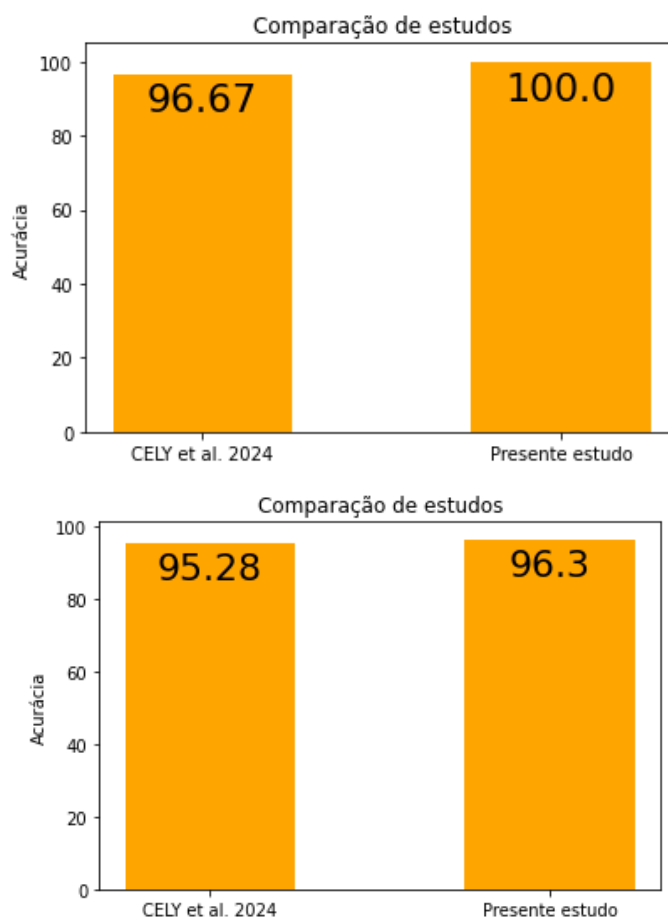


Figura 2 - Melhores porcentagem de acurácia deste estudo.

4. CONCLUSÕES

Uma análise baseada em Inteligência Artificial com algoritmos de aprendizado de máquina implementados em Redes Neurais, para classificação de padrões de escoamento bifásico óleo-água em tubulações horizontais foi apresentada neste trabalho de pesquisa.

Com o mundo cada vez mais globalizado e avançado tecnologicamente, vê-se cada vez mais presente na indústria e na pesquisa as técnicas advindas da

Indústria 4.0. Consequentemente, observou-se ótimas performances de um pilar importantíssimo e que teve uma grande crescente nos últimos anos, a Inteligência Artificial através das Redes Neurais Artificiais. Ao fim dos estudos, outrossim, das comparações, percebeu-se altas porcentagem de acurácia, tendo uma média de 94,38% no quesito de classificação de padrões de escoamento, ultrapassando ao estudo de referência.

Em síntese, a aplicação de métodos de Inteligência Artificial na indústria tem se destacado pela sua notável eficácia na resolução de problemas complexos. Focando na Indústria de Óleo e Gás, observa-se que essas técnicas oferecem um desempenho superior na classificação de padrões de escoamento líquido-líquido em dutos industriais multifásicos. Esse avanço pode significativamente aprimorar os processos hidrodinâmicos e possibilitar a identificação e correção de anomalias futuras, otimizando assim a eficiência e a confiabilidade dos sistemas industriais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUVAYT, P., MANABE, R., WATANABE, T., ARIHARA, N. Analysis of oil-water flow tests in horizontal, hilly-terrain, and vertical pipes. **Anais**, p.1335–1347, 2004.

AL-SARKHI, A., PEREYRA, E., MANTILLA, I., AVILA, C. Dimensionless oil-water stratified to non-stratified flow pattern transition. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v.151, p.284–291, 2017.

CAI, J. et al. Experimental study of water wetting in oil-water two phase flow-Horizontal flow of model oil. **Chemical Engineering Science**, v.73, p.334–344, 2012.

CELY, M., DIAZ, C., CAVALHEIRO, H. de L., CAMPEROS, J., GARCIA, A. P., PAGLIARINI, S., RODRIGUEZ, O., ROSSI, M., EVALD, P., & PEÑAZOLA, E. Identificação de padrões de escoamento bifásico água-óleo em tubulações horizontais da indústria óleo-gás através de técnicas de inteligência artificial. **Revista Científica Digital de São Paulo**, 2024.

GRASSI, B., STRAZZA, D., POESIO, P. Experimental validation of theoretical models in two-phase high-viscosity ratio liquid-liquid flows in horizontal and slightly inclined pipes. **International Journal of Multiphase Flow**, v.34, p.950–965, 2008.

HANUS, R. et al. Identification of liquid-gas flow regime in a pipeline using gamma-ray absorption technique and computational intelligence methods. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 60, p. 17–23, 2018.