

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING NA ENGENHARIA DE PETRÓLEO: ANÁLISE DAS ABORDAGENS MAIS EFETIVAS EM RESERVATÓRIOS, PERFURAÇÃO E PRODUÇÃO, COM ÊNFASE NA INTEGRAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO ENTRE AS ÁREAS

ARTHUR XIMENES SILVA¹
FORLAN LA ROSA ALMEIRA²

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – arthurximenessilva@icloud.com

²Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – forlan.almeida@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A crescente incorporação de tecnologias digitais têm desempenhado um papel fundamental no avanço e otimização das atividades ligadas à Engenharia. Essas tecnologias têm revolucionado processos, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real, modelagem avançada, simulações complexas e automação de tarefas. Além disso, a integração de sistemas digitais tem aprimorado a comunicação entre equipes multidisciplinares, facilitando a colaboração e acelerando o ciclo de desenvolvimento de projetos. Essa transformação digital não apenas melhora a eficiência e a precisão das operações, mas também abre novas oportunidades para a inovação e a tomada de decisões embasadas em dados concretos.

Na indústria do petróleo, o emprego de tecnologias digitais tem sido de suma importância para a exploração, produção e gerenciamento de recursos. A utilização de sensores avançados, análise de dados em tempo real e algoritmos de *machine learning* tem proporcionado uma compreensão mais profunda dos reservatórios de petróleo, permitindo a otimização da recuperação e a maximização da produção. Além disso, a aplicação de técnicas de simulação computacional contribui para a tomada de decisões na perfuração de poços, otimização do fluxo de petróleo e previsão de demanda. A digitalização também melhora a segurança dos trabalhadores, pois possibilita a monitorização remota de operações perigosas. Dessa forma, as tecnologias digitais não apenas aprimoram a eficiência e a lucratividade da indústria do petróleo, mas também contribuem para uma exploração mais responsável e sustentável dos recursos energéticos.

O objetivo desta pesquisa é analisar diversos artigos científicos que abordam técnicas de *machine learning* aplicadas à engenharia de petróleo. A investigação tem como propósito identificar as técnicas mais utilizadas em cada área da engenharia de petróleo (reservatório, perfuração e produção). Além disso, o trabalho visa verificar se alguma técnica aplicada em uma das três áreas pode ser utilizada em outras áreas.

2. METODOLOGIA

Em um primeiro momento, realizou-se uma extensa revisão da literatura através de um levantamento bibliográfico (Figura 1) com o objetivo de identificar artigos científicos relevantes sobre o uso de *machine learning* na indústria de petróleo. Nesse processo foram coletados e analisados 102 artigos, abrangendo diversas áreas temáticas, sendo 40 relacionados a reservatório, 24 à perfuração,

25 à produção, 3 à economia, 1 a temas relacionados a *downstream*, 2 à Petroquímica e 3 a artigos com abordagem de Transformação Digital.

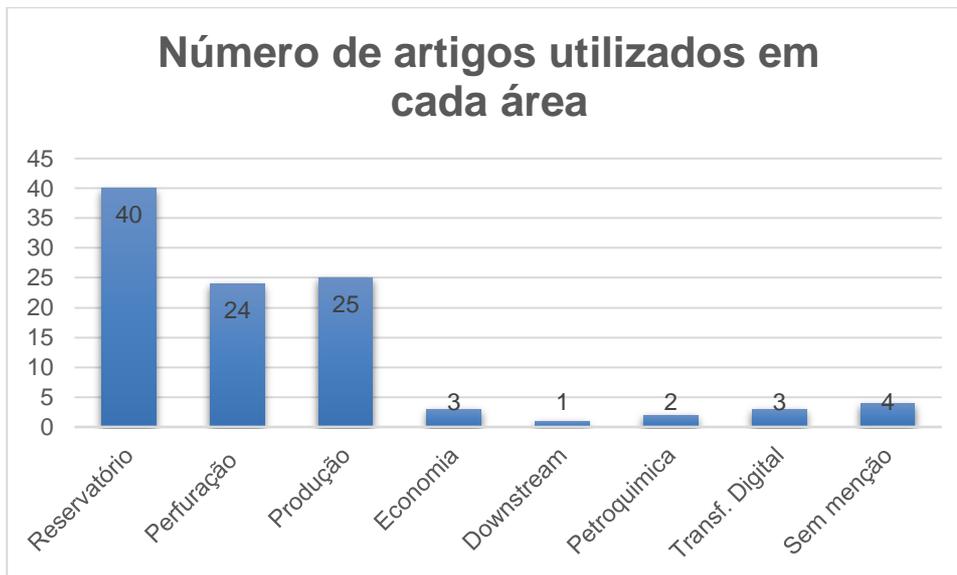


Figura 1 - Gráfico do número de estudos em cada área.

Posteriormente, os artigos coletados foram submetidos a uma análise detalhada para identificar as técnicas de *machine learning* aplicadas em cada setor da engenharia de petróleo. Essa avaliação foi conduzida de maneira qualitativa e quantitativa, com o propósito de obter uma compreensão abrangente dos resultados obtidos em cada estudo.

Com base na análise dos artigos, foram categorizadas e listadas as técnicas de *machine learning* utilizadas em cada uma das áreas, a saber: reservatório, perfuração e produção. Além disso, essa análise permitiu identificar as técnicas mais frequentemente empregadas em cada segmento, fornecendo uma visão mais clara das preferências e tendências específicas. Realizou-se a identificação das técnicas mais utilizadas em cada área, contabilizando-se o número de artigos que fizeram uso de cada técnica específica. Essa etapa possibilitou uma avaliação objetiva das técnicas predominantes em cada setor da engenharia de petróleo.

Por fim, a pesquisa também explorou a viabilidade de aplicar técnicas utilizadas em uma área em outras partes da engenharia de petróleo, por exemplo, verificar se uma técnica de *machine learning* aplicada em reservatórios poderia ser adaptada e empregada na perfuração. Essa análise teve como propósito identificar sinergias e possíveis transferências de conhecimento entre as diversas áreas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise dos dados coletados e criação da Figura 2 foi identificada uma escassez de estudos na área de perfuração (24%) e produção (24%), em comparação com a área de reservatório (39%). Discute-se que esse fato ressalta uma lacuna de pesquisa que merece maior atenção da comunidade acadêmica e da indústria de petróleo. A carência de pesquisas nesses setores pode estar relacionada à complexidade das operações de perfuração e produção, bem como à dificuldade de obtenção de dados em tempo real durante essas atividades (HAMEED; VATN; HEGGSET, 2011).

Os resultados obtidos revelam as técnicas mais comuns em cada área foram: para Engenharia de Reservatório, as mais usadas são Redes Neurais Artificiais Convencionais com 15% de uso, Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) com 12% e *Least Square Support Vector Machine* (LSSVM) com 8%; para Engenharia de Poço, as técnicas predominantes são Redes Neurais Artificiais (ANN) com 23% de uso, *Random Forest* (RF) com 16% e *Support Vector Regression* (SVR) com 12%; e para Engenharia de Produção, a mais utilizada é a *Multilayer Perceptron* (MLP) com 25% de uso.

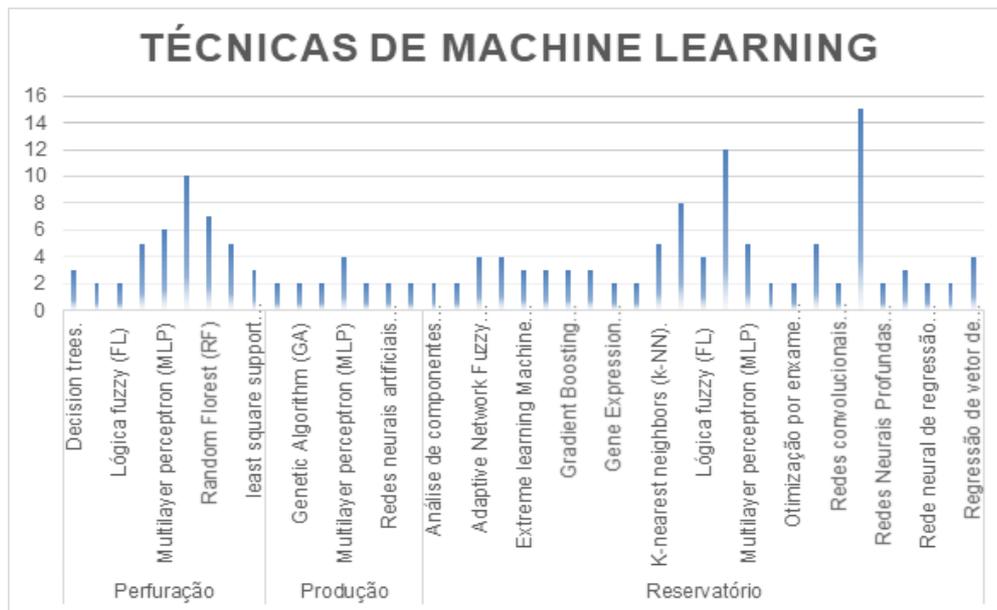


Figura 2 – Gráfico de técnicas utilizadas em cada área.

No entanto, apesar da escassez de estudos, é possível identificar potenciais transferências de conhecimentos entre as áreas de reservatório, perfuração e produção, visando aproveitar o que já foi desenvolvido em uma área para solucionar desafios em outra, no que tange o emprego de tecnologias digitais. Algumas técnicas de *machine learning* utilizadas em reservatório podem ser adaptadas e aplicadas em perfuração e produção.

Por exemplo, as redes neurais artificiais (ANN) que têm sido empregadas com sucesso em reservatório para previsão de propriedades geofísicas também podem ser aplicadas na área de perfuração (KOLESNYK et al., 2022). Utilizando dados em tempo real coletados durante a perfuração é possível prever parâmetros de perfuração importantes, como taxa de penetração e torque, permitindo a otimização do processo de perfuração e a tomada de decisões em tempo hábil (ISHEYSKIY; SANCHIDRIÁN, 2020).

Da mesma forma, as técnicas de *Support Vector Regression* (SVR) e *Random Forest* (RF) que são utilizadas em estudos na área de reservatório para a previsão de características do reservatório, como porosidade e permeabilidade, podem ser adaptadas para prever a produção de poços na área de produção. Essas técnicas podem ajudar a identificar padrões nos dados de produção e otimizar o desempenho dos poços, contribuindo para aumentar a produtividade e reduzir custos operacionais. (MUSTAKIM; HERMADI, 2016) (ASLAM et al., 2022).

O uso de técnicas de *Genetic Algorithm* (GA), comumente empregadas para otimizar a elaboração em reservatórios, pode ser explorado na área de produção para realizar o agendamento e gerenciamento de manutenções, visando maximizar

a disponibilidade dos equipamentos e minimizar o tempo de parada dos poços (LI *et. al.*, 2002).

4. CONCLUSÕES

O estudo se baseou em uma abordagem envolvendo levantamento bibliográfico, análise dos artigos, categorização das técnicas utilizadas, identificação das técnicas mais empregadas em cada grande área e investigação de possíveis relações entre as diferentes áreas da Engenharia de Petróleo. Essa análise proporcionou *insights* importantes sobre o uso de *machine learning* na indústria do petróleo e evidenciou as principais tendências e lacunas de pesquisa em cada setor específico. A pesquisa concluiu que as técnicas de redes neurais artificiais (ANN) e máquinas de vetores de suporte (SVM) são amplamente empregadas nas três áreas da indústria de petróleo.

Além disso, evidenciou a importância do uso de *machine learning* na indústria petrolífera, destacando suas contribuições para a prevenção de falhas e acidentes na construção de poços, bem como para a economia de tempo e custo. Esses resultados são relevantes para compreender quais são as técnicas mais aplicadas em cada área da Engenharia de Petróleo, como também apontam a necessidade do incremento de pesquisas nas áreas de Engenharia de Poço e Engenharia de Produção. Por fim, o trabalho foi capaz de identificar possíveis oportunidades de emprego de técnicas de uma área em outras, o que pode proporcionar avanços e inovações na Indústria de Petróleo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HAMEED, Z.; VATN, J.; HEGGSET, J. Challenges in the reliability and maintainability data collection for offshore wind turbines. **Renewable Energy**, v. 36, n. 8, p. 2154-2165, 2011.

KOLESNYK, Vitalii et al. Application of ANN for analysis of hole accuracy and drilling temperature when drilling CFRP/Ti alloy stacks. **Materials**, v. 15, n. 5, p. 1940, 2022.

ISHEYSKIY, Valentin; SANCHIDRIÁN, José A. Prospects of applying MWD technology for quality management of drilling and blasting operations at mining enterprises. **Minerals**, v. 10, n. 10, p. 925, 2020.

ASLAM, Nida et al. Anomaly Detection Using Explainable Random Forest for the Prediction of Undesirable Events in Oil Wells. **Applied Computational Intelligence and Soft Computing**, v. 2022, 2022.

MUSTAKIM, Agus Buono; HERMADI, Irman. Performance comparison between support vector regression and artificial neural network for prediction of oil palm production. **Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi (Journal of Computer Science and Information)**, v. 1, p. 8, 2016.

LI, Sheng-Tun et al. Maintenance scheduling of oil storage tanks using tabu-based genetic algorithm. In: **14th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, 2002. (ICTAI 2002). Proceedings**. IEEE, 2002. p. 209-215.