

MICROCONTROLADOR DE BAIXO CUSTO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADAS NO MONITORAMENTO DE REATORES PARA OTIMIZAÇÃO DA BIOTRANSFORMAÇÃO DO ÓLEO DE LICURI

Yan Victor Melo Aragão¹ (PIBIC/CNPq); César Almeida Rodrigues¹; Jefferson Cleriston Barros Santos¹; Halana Santos Lisboa¹, Ranyere Lucena de Souza², Cleide Mara Faria Soares² (Orientadora)
yanvictorma@gmail.com

¹Universidade Tiradentes/Aracaju/SE.

²Instituto de Tecnologia e Pesquisa/Aracaju/SE.

3.00.00.00-9 Engenharias; 3.06.02.00-9 Operações Industriais e Equipamentos para Engenharia Química; 3.06.02.02-5 Operações Características de Processos Bioquímicos

RESUMO

Introdução: O desenvolvimento industrial tem impulsionado inovações significativas na automação de processos, destacando-se o uso de inteligências artificiais para otimizar reações catalisadas por enzimas. Nesse cenário, as redes neurais artificiais (ANN) surgem como uma alternativa eficaz aos métodos tradicionais, como o planejamento experimental, que são amplamente utilizados na literatura. A grande vantagem dessa abordagem é a elevada adaptabilidade a diferentes tipos e condições de reação e o baixo custo. Essa flexibilidade permite o desenvolvimento de sistemas preditivos robustos, que podem ser integrados em sistemas automatizados para melhorar a eficiência e o controle de reações de biotransformação de óleos vegetais, gerando assim reduções de custo na produção de ésteres e ácidos graxos de interesse industrial. **Objetivo(s):** Desenvolver um sistema de titulação automatizado utilizando microcontrolador de baixo custo, com foco no monitoramento em tempo real de parâmetros na otimização da reação de hidrólise do óleo de Licuri por meio de inteligência artificial e planejamento experimental **Metodologia:** Foi elaborado e testado o projeto de uma sistema de injeção controlada, desenvolvido para atuar de forma automatizada, permitindo controlar sua vazão durante os ensaios de titulação. Concomitantemente, realizou-se um delineamento de composto central rotacional (DCCR) tendo como variáveis temperatura, pH e agitação, para otimização da reação de hidrólise do óleo de licuri usando o sistema automatizado. Os dados gerados foram também utilizados para treinar uma ANN, com divisão para validação e teste na proporção 80/20. No treinamento, realizou-se uma análise de métricas de eficiência relacionadas à quantidade de neurônios na rede, para identificar o modelo que apresentasse o melhor desempenho preditivo e compará-lo com o modelo do DCCR do PROTIMIZA. **Resultados e Conclusão(ões):** O protótipo do sistema de titulação, usando uma bomba de injeção controlada, projetada para dosagem automática durante os ensaios, embora funcional, apresentou limitações de precisão e estabilidade de fluxo, indicando a necessidade de ajustes no design e calibração para aprimorar sua eficiência em aplicações futuras. O DCCR apresentou R² de 0,87 e uma conversão máxima de 92% na reação de hidrólise com as condições de 40°C, 1000 rpm e pH 8,5. Na rede neural foi utilizado um modelo com cinco neurônios e função de ativação ReLU, a qual apresentou um R² de 0,98, indicando maior precisão preditiva, quando comparado ao DCCR. Na predição do ponto ótimo do processo, o modelo otimizado da ANN, estimou uma conversão teórica de 98,7%, com condições de 37 °C, 1136 rpm e pH 9. A validação experimental confirmou uma conversão de 98,3%, comprovando que o algoritmo neural apresentou um erro de 0,43% na estimativa. Assim, conclui-se, portanto, que o projeto da bomba necessita de aperfeiçoamentos futuros para garantir maior precisão e desempenho no controle do processo. Já o uso da ANN foi uma alternativa viável e eficiente para a otimização de reações enzimáticas. Este estudo reforça a importância da integração de técnicas avançadas de automação e inteligência artificial no aprimoramento de processos bioprocessos.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial; microcontrolador de baixo custo; óleo de licuri; otimização de bioprocessos..

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE).

ABSTRACT

Introduction: Industrial development has driven significant innovations in process automation, highlighting the use of artificial intelligence to optimize enzyme-catalyzed reactions. In this context, artificial neural networks (ANNs) emerge as an effective alternative to traditional methods, such as experimental design, which are widely used in the literature. The major advantage of this approach is its high adaptability to different types and conditions of reactions, combined with low cost. This flexibility enables the development of robust predictive systems that can be integrated into automated systems to improve the efficiency and control of biotransformation reactions of vegetable oils, thereby reducing production costs of industrially relevant esters and fatty acids. **Objective:** To develop an automated titration system using a low-cost microcontroller, focusing on real-time monitoring of parameters for optimizing the hydrolysis reaction of Licuri oil through artificial intelligence and experimental design. **Methodology:** A controlled injection system was designed and tested to operate automatically, allowing precise control of flow rate during titration trials. Additionally, a central composite rotational design (CCRD) was implemented using temperature, pH, and agitation as variables to optimize the hydrolysis reaction of Licuri oil using the automated system. The generated data were also used to train an ANN, with an 80/20 split for training and validation/testing. During training, efficiency metrics related to the number of neurons in the network were analyzed to identify the model with the best predictive performance and compare it with the CCRD model from PROTIMIZA. **Results and Discussion:** The prototype titration system, utilizing a controlled injection pump designed for automatic dosing during trials, was functional but exhibited limitations in precision and flow stability, indicating a need for design adjustments and calibration to enhance efficiency in future applications. The CCRD model presented an R^2 of 87% and a maximum conversion of 92% in the hydrolysis reaction. The neural network employed a model with five neurons and a ReLU activation function, achieving an R^2 of 98%, indicating higher predictive accuracy compared to the CCRD. For the prediction of the process optimum, the optimized ANN model estimated a theoretical conversion of 98.7% under conditions of 37 °C, 1136 rpm, and pH 9. Experimental validation confirmed a conversion of 98.3%, demonstrating that the neural algorithm showed an estimation error of 0.43%. Therefore, it is concluded that the pump design requires further improvements to ensure greater precision and performance in process control, while the use of the ANN proved to be a viable and efficient alternative for optimizing enzymatic reactions. This study reinforces the importance of integrating advanced automation techniques and artificial intelligence to enhance bioprocess operations.

KEYWORDS: Artificial intelligence; low-cost microcontroller; Licuri oil; bioprocess optimization.

ACKNOWLEDGEMENTS: This work was funded by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Funding Code 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), and Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE).

REFERÊNCIAS/REFERENCES: Não são obrigatórias, mas se necessário, utilize as normas de formatação disponíveis nas 'REGRAS PARA SUBMISSÃO DE RESUMO – SEMPESq-2025'. (Fonte Arial 9, justificado, espaço simples)

DE A. RODRIGUES, César et al. Computational and experimental analysis on the preferential selectivity of lipases for triglycerides in Licuri oil. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, v. 44, n. 10, p. 2141-2151, 2021.