DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA O ESTUDO DA DISPERSÃO MECÂNICA DE ÓLEO EM ÁGUA

Jhonatan Zanella Conrado, Pedro Granados Bonilla, Dr. Anibal Alexandre Campos Bonilla, Dr. Luiz Adolfo Hegele Junior.

INTRODUÇÃO

A dispersão mecânica de óleo em água é governada pelo balanço entre forças hidrodinâmicas turbulentas e forças coesivas associadas à tensão interfacial e à viscosidade (HINZE, 1955; WANG; CALABRESE, 1986). A fragmentação das gotas de óleo está relacionada às forças produzidas pelo escoamento turbulento. Nesse contexto, a taxa de dissipação de energia influencia o tamanho das gotas formadas, enquanto a tensão interfacial atua na resistência à fragmentação (HINZE, 1955; LI; GARRETT, 1998).

Bonilla et al. (2026) propuseram o projeto de uma bancada experimental baseada em jatos múltiplos para o estudo desse fenômeno. Este trabalho tem como objetivo desenvolver sua automação e controle, integrando sensores, atuadores, Arduino e sistema supervisório, visando maior padronização, repetibilidade e confiabilidade dos ensaios.

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento foi realizado em escala reduzida, com base no projeto de Bonilla et al. (2026), abrangendo a prototipagem da automação, comunicação de dados e montagem física.

A arquitetura de controle utiliza Arduino para aquisição e acionamento, enquanto o sistema supervisório realiza o processamento e gerenciamento das informações. A execução foi estruturada por meio de máquina de estados (WAGNER et al., 2006) e do modelo produtor-consumidor (SILBERSCHATZ; GALVIN; GAGNE, 2018), permitindo organizar as etapas do processo e o fluxo de dados.

Foram utilizados três potenciômetros para simular as variáveis de temperatura e pressão de óleo e água. Os atuadores foram representados por dois servomotores, associados à válvula reguladora e à bomba de água, e por um motor CC acionado por PWM, representando a bomba de óleo.

A comunicação entre a plataforma física e o sistema supervisório foi realizada por porta serial bidirecional, permitindo a transmissão de variáveis e comandos de controle. A lógica

desenvolvida contempla as etapas de amostragem, aquecimento, estabilização, procedimento experimental, resfriamento e tratamento de condições de instabilidade.

A estrutura física foi confeccionada por corte a laser, seguida da montagem e soldagem dos circuitos eletrônicos. O protótipo constitui uma etapa de validação para posterior implementação em CLP e sistema supervisório industrial.

RESULTADOS

Os testes demonstraram a viabilidade da arquitetura desenvolvida, permitindo estabelecer a comunicação serial, realizar a leitura de variáveis simuladas e controlar atuadores por sinais digitais e PWM. LEDs foram utilizados para validar inicialmente as saídas e os comandos de controle.

A máquina de estados permitiu organizar a sequência operacional do processo, enquanto a arquitetura produtor-consumidor estruturou a comunicação entre aquisição e processamento. Durante os testes, foram identificadas limitações relacionadas à concorrência entre leitura e escrita e a ações temporizadas, direcionando ajustes na arquitetura de comunicação.

A montagem física avançou com a fabricação da caixa, soldagem dos componentes e integração ao Arduino. Os resultados obtidos estabelecem uma base para a implementação dos sensores reais e dos ensaios experimentais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento permitiu estabelecer uma base funcional para a automação da bancada experimental, integrando instrumentação, comunicação, aquisição de dados e controle de atuadores. Os testes realizados validaram a lógica de controle e a comunicação entre os componentes, embora ajustes ainda sejam necessários na arquitetura de comunicação.

Este estudo faz parte do projeto “Modelagem física e numérica de jato submarino de óleo baseada em experimentos”, um acordo de cooperação entre UDESC e Petrobras (número 0050.0125248.23.9), regulamentado pelas cláusulas de investimento em P, D&I da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, Resolução 918/2023).

Palavras-chave: Dispersão mecânica; Automação; Bancada experimental; Comunicação serial; Máquina de estados; Produtor e consumidor.

ANEXO(S)

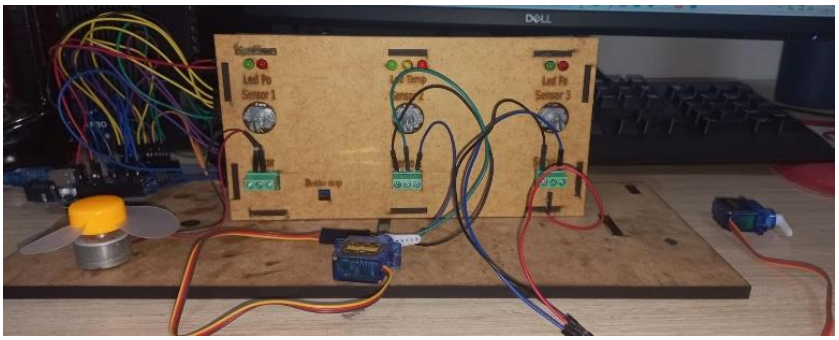


Figura 1. *Visão geral do protótipo físico experimental em escala reduzida para dispersão de óleo.*

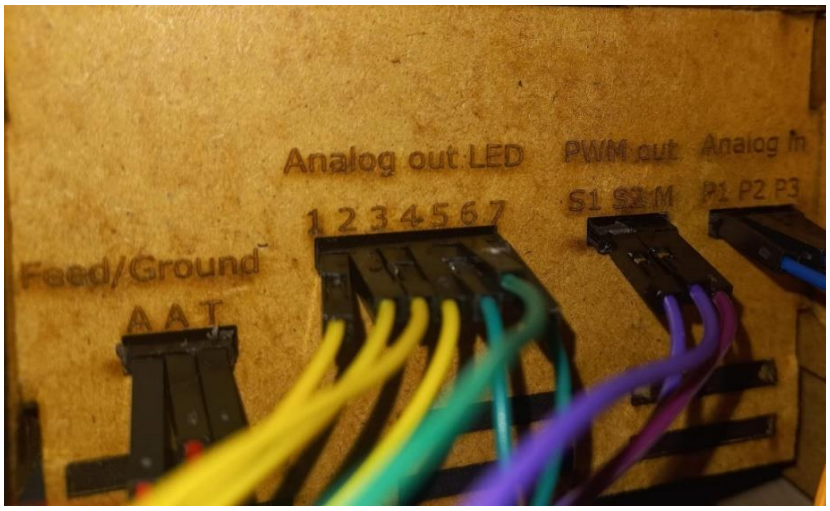


Figura 2. *Identificação dos terminais de alimentação, entradas analógicas e saídas digitais/PWM.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GRANADOS BONILLA, P. M.; KUWAKINO, E. S.; CAMPOS, A.; HEGELE JÚNIOR, L. A. Design and construction of an experimental test bench for mechanical oil dispersion. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA (CONEM), 13., 2026, [S. l.]. *Anais [...]*. [S. l.]: ABCM, 2026. CONEM2026-1020.

HINZE, J. O. Fundamentals of the hydrodynamic mechanism of splitting in dispersion processes. *AIChE Journal*, v. 1, n. 3, p. 289-295, 1955. DOI: 10.1002/aic.690010303.

SILBERSCHATZ, A.; GALVIN, P. B.; GAGNE, G. *Operating system concepts*. 10. ed. Hoboken: Wiley, 2018.

WAGNER, F.; SCHMUKI, R.; WAGNER, T.; WOLSTENHOLME, P. *Modeling software with finite state machines: a practical approach*. Boca Raton: Auerbach Publications, 2006.

WANG, C. Y.; CALABRESE, R. V. Drop breakup in turbulent stirred-tank contactors. Part II: Relative influence of viscosity and interfacial tension. *AIChE Journal*, v. 32, n. 4, p. 667-676, 1986. DOI: 10.1002/aic.690320417.

LI, M.; GARRETT, C. The relationship between oil droplet size and upper ocean turbulence. *Marine Pollution Bulletin*, v. 36, n. 12, p. 961-970, 1998. DOI: 10.1016/S0025-326X(98)00096-4.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Jhonatan Zanella Conrado

MODALIDADE DE BOLSA: Bolsa de Inovação

VIGÊNCIA: 07/2026 a 12/2026 – Total: 6 meses

ORIENTADOR(A): Dr. Aníbal Alexandre Campos Bonilla

CENTRO DE ENSINO: CESFI

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia de Petróleo

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharia de Petróleo

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Modelagem Física e Numérica de Jato Submarino de Óleo Baseada em Experimentos – Subjet

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4318-2023