

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENVASE CONTROLADO POR CLP E SUPERVISIONADO POR IHM

Fernando Garcia Albino¹; João Paulo Gonçalves Barbosa¹; Leandro Aureliano da Silva¹; Adriano Dawison de Lima¹; Marcelo Lucas¹

¹Universidade de Uberaba - Uniube, Brasil

Autor Correspondente: fernandogarcia@edu.uniube.br

RESUMO

A busca por confiabilidade nos processos industriais tem impulsionado a adoção de sistemas automatizados capazes de garantir precisão, repetibilidade e segurança operacional. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo desenvolver e implementar um sistema automatizado de envase composto por bico único de dosagem, esteira transportadora e supervisão via Interfaces Homem-Máquina (IHMs), totalmente controlado por Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). A integração entre sensores com a lógica de programação possibilita monitoramento em tempo real, ajustes imediatos de parâmetros, detecção antecipada de falhas, além da realização de testes operacionais. Os testes de desempenho evidenciaram estabilidade no volume envasado, acompanhada por aumento expressivo da eficiência do processo, o que contribuiu para a redução de desperdícios e intervenções manuais. Conclui-se que a solução proposta atende aos requisitos de confiabilidade e produtividade, oferecendo base consistente para futuras melhorias e adaptações.

Palavras-chave: envase; automação industrial; CLP; IHM.

ABSTRACT

The pursuit of reliability in industrial processes has driven the adoption of automated systems capable of ensuring precision, repeatability and operational safety. In this context, this study aimed to develop and implement an automated filling system composed of a single dosing nozzle, conveyor belt and HMI supervision, fully controlled by a PLC. The integration of sensors with the programming logic enables real-time monitoring, immediate parameter adjustments, early fault detection and the execution of operational tests. Performance tests demonstrated stability in the filled volume, along with a significant increase in process efficiency, contributing to the reduction of waste

and manual intervention. The findings indicate that the proposed solution meets reliability and productivity requirements, providing a solid basis for future improvements and adaptations.

Keywords: filling; industrial automation; PLC; HMI.

1. INTRODUÇÃO

A automação industrial tem se consolidado como um dos pilares fundamentais para o aumento da produtividade, da padronização e da confiabilidade dos processos (Groover, 2011). Sua importância transcende a mera substituição de mão de obra, abrangendo a capacidade de realizar operações complexas com precisão e repetibilidade, essenciais para a eficiência operacional e a melhoria contínua da qualidade em diversos setores da manufatura (Bolton, 2015).

Com a evolução tecnológica e a expansão dos conceitos da Indústria 4.0 (Schwab, 2017), o cenário industrial passou a exigir maior interconectividade, inteligência e adaptabilidade. A Indústria 4.0, caracterizada pela implementação de sistemas ciberfísicos e internet das coisas industrial (IIoT), visa a customização em massa e a tomada de decisão descentralizada (Liao *et al.*, 2017). Nesse contexto, a integração entre sensores, Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e Interfaces Homem-Máquina (IHMs) tornou-se indispensável. Os CLPs atuam como o coração do sistema, fornecendo lógica de controle robusta e em tempo real (HUGHES, 2019), enquanto as IHMs garantem a supervisão intuitiva e a interação eficiente do operador com o processo (Fonseca *et al.*, 2019).

A partir disso, o objetivo do presente trabalho é desenvolver e implementar um sistema de envase automatizado composto por bico único de dosagem, esteira transportadora e supervisão por IHM, totalmente controlado por CLP.

Para atingir esse objetivo, o presente artigo descreve o desenvolvimento do sistema proposto, os procedimentos de implementação, os resultados dos testes operacionais e a discussão fundamentada nas evidências obtidas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Conceitos Fundamentais de Automação

A automação, em seu sentido contemporâneo, representa a tecnologia que lida com a aplicação de sistemas mecânicos, eletrônicos e de computadores para operar e controlar a produção (Dorf; Bishop, 2013). Historicamente, a evolução da automação está ligada à busca incessante por maior produtividade

e repetibilidade, culminando no uso de computadores industriais, como o CLP, para o controle de processos (Ogata, 2010).

Entre as vantagens mais significativas da automação em processos industriais, destacam-se o aumento da eficiência operacional e da qualidade do produto (minimizar erros humanos), além da melhoria substancial na segurança dos trabalhadores, que são realocados de ambientes perigosos (Bolton, 2015).

2.2. Processos de Envase na Indústria

O processo de envase é crítico em diversos setores industriais, como alimentos, bebidas e farmacêutico. O projeto deve considerar a escolha do tipo de sistema de envase mais adequado. Os métodos podem ser categorizados, principalmente, como envase por peso (utilizando balanças e células de carga para precisão em massa), por volume (usando pistões ou fluxômetros) ou por nível (método mais simples, buscando uniformidade visual) (Groover, 2008).

2.3. Controle e Intertravamento com CLP

O Controlador Lógico Programável (CLP) é definido como um dispositivo eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando vários tipos de máquinas e processos (Idem, 2008).

A implementação da lógica de controle em um sistema de envase é frequentemente feita através de controle sequencial, onde o processo avança etapa por etapa (ex: detecção do frasco, parada, envase, partida), e controle combinacional, que trata das condições de start/stop e alarmes (Bolton, 2015). Os temporizadores e contadores são recursos fundamentais do CLP, sendo utilizados, por exemplo, para definir o tempo exato de abertura de uma válvula de envase (definindo o volume) e para registrar o número de embalagens produzidas, respectivamente (Dorf; Bishop, 2013).

2.4. Sensores Utilizados no Envase

Os sensores são o elo de ligação entre o processo físico e o controle lógico do CLP. Os sensores de posição, como os indutivos (para metais), capacitivos (para materiais não-metálicos, como plásticos) e ópticos (mais versáteis), são usados para detecção de frascos e para o controle do avanço e parada da esteira (Bolton, 2015).

3. METODOLOGIA

As etapas do projeto e construção do equipamento proposto foram organizadas em cinco fases principais: elaboração do diagrama elétrico, montagem dos componentes, desenvolvimento da estrutura mecânica com esteira, criação da programação em linguagem ladder e elaboração gráfica da IHM. A Figura 1 apresenta o diagrama de blocos resumido do equipamento, fornecendo uma visão geral dos elementos que compõem o sistema e de suas interligações funcionais dentro do processo de automação.

Figura 1 – Diagrama de blocos



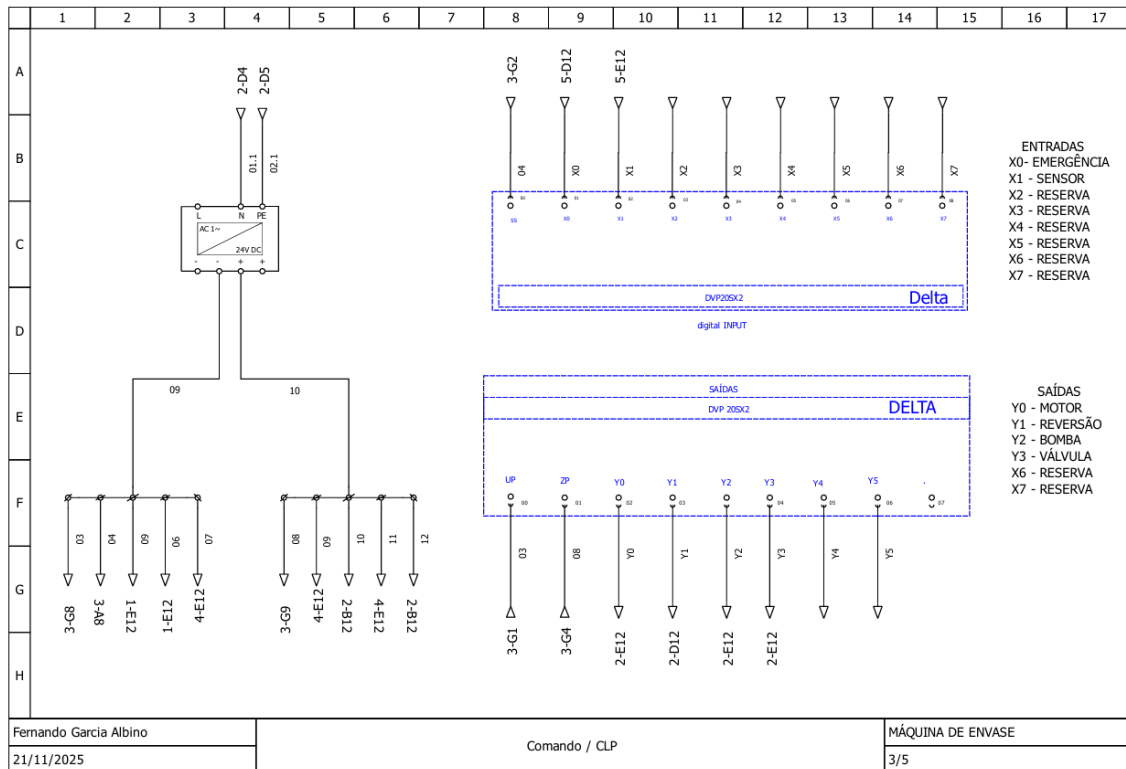
Fonte: Acervo dos autores (2025).

No diagrama é possível observar o fluxo de energia e de sinais desde a alimentação principal até os dispositivos de entrada, processamento e saída. O sistema é alimentado por uma rede elétrica de 127 V, protegida por um disjuntor

de 6 A, o qual energiza a fonte de 24 VDC responsável por fornecer alimentação segura e estabilizada ao Controlador Lógico Programável (CLP), aos sensores e à IHM. As entradas do CLP são compostas pelo botão de emergência, que atua como dispositivo de segurança para a interrupção imediata do processo, e pelo sensor capacitivo, utilizado para detectar a presença do recipiente na área de envase. A comunicação entre o CLP e a IHM ocorre via protocolo RS-232, permitindo o envio e recebimento de informações e o monitoramento do processo pelo operador. Nas saídas digitais, o CLP controla três atuadores principais: o motor de passo responsável pelo acionamento da esteira transportadora, a bomba submersível utilizada para deslocamento do fluido e a válvula solenoide que garante controle preciso do fluxo durante o envase.

A fase inicial do desenvolvimento consistiu na elaboração do diagrama elétrico, etapa essencial para definição da arquitetura do sistema de automação. Essa representação gráfica estabelece a disposição dos componentes, os fluxos de alimentação e os circuitos de comando, assegurando padronização, segurança operacional e coerência técnica ao projeto. Para a modelagem do circuito, empregou-se o software QElectroTech, amplamente utilizado na documentação de sistemas elétricos industriais. A Figura 2 apresenta o diagrama multifilar elétrico, no qual foi definido os dispositivos de entrada do CLP, botão de emergência e sensor capacitivo, além das saídas destinadas ao acionamento do motor de passo, da bomba submersível e da válvula solenóide.

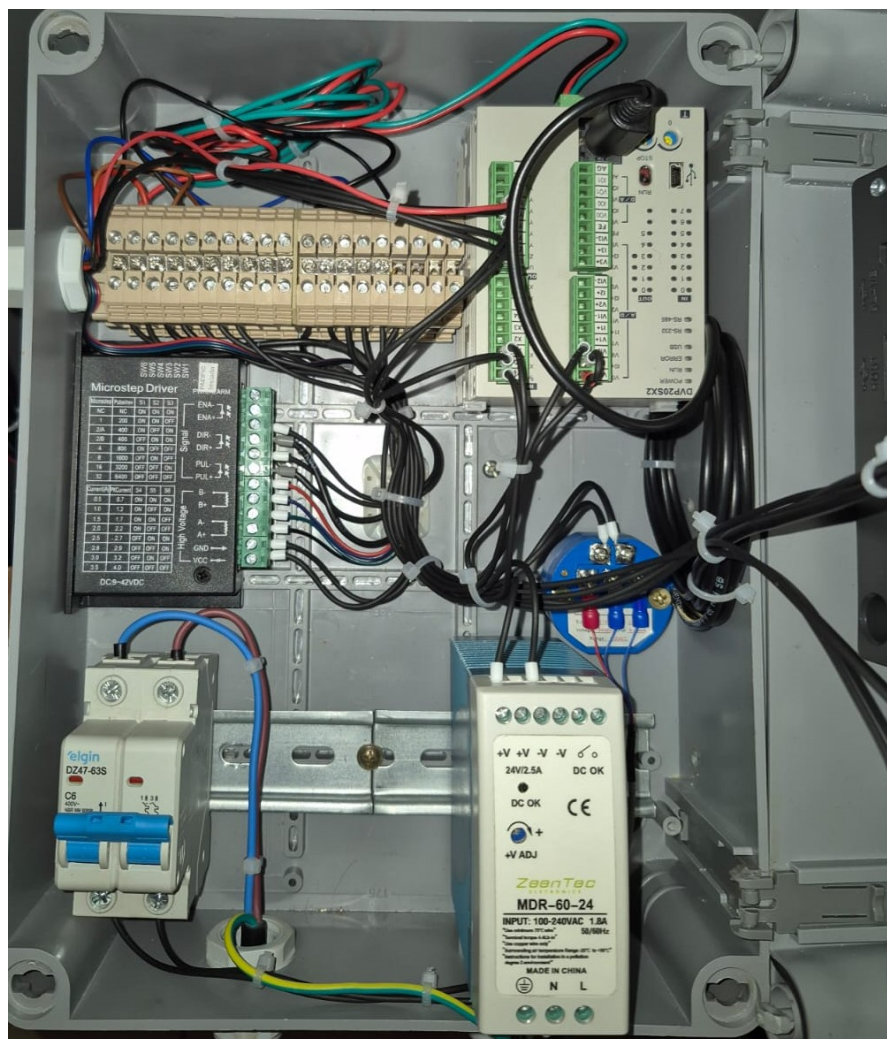
Figura 2 – Diagrama multifilar elétrico



Fonte: Acervo dos autores (2025).

Em seguida, foi realizada a montagem dos componentes elétricos que compõem o sistema de envase. Essa etapa teve como objetivo transformar o projeto conceitual em uma estrutura física funcional, garantindo que os dispositivos fossem instalados de acordo com normas técnicas e recomendações dos fabricantes. Inicialmente, os componentes foram organizados dentro do painel de controle, incluindo o disjuntor, a fonte de 24 VDC, o CLP e os terminais de conexão, todos fixados em trilho DIN para assegurar padronização, acessibilidade e manutenção futura. Cada ligação foi executada seguindo procedimentos de segurança, com isolamento adequado e testes de continuidade. A IHM foi instalada em posição estratégica para facilitar a operação, permitindo visualização clara do processo e rápido acesso aos comandos e parametrizações. Após a finalização da montagem, representada na Figura 3, foi realizada inspeção geral do painel e dos dispositivos externos, verificando firmeza das conexões, posicionamento dos componentes e conformidade com o projeto elétrico.

Figura 3 – Painel elétrico



Fonte: Acervo dos autores (2025).

A estrutura mecânica do sistema, Figura 4, foi construída em MDF de 15 mm, permitindo a instalação do reservatório, do painel de controle inclinado a 30°, do bico usinado e da base de envase. A escolha do MDF foi motivada pelo baixo custo de aquisição, resistência mecânica, versatilidade e facilidade de montagem, garantindo um suporte adequado para os componentes e contribuindo para a robustez do equipamento. Essa configuração proporciona ergonomia durante a operação, facilita o transporte do conjunto e mantém ocultos os componentes eletroeletrônicos e hidráulicos.

Figura 4 – Estrutura mecânica do equipamento de envase



Fonte: Acervo dos autores (2025).

A Figura 5 oferece uma visão detalhada do sistema de movimentação, ou seja, a esteira transportadora, que é o mecanismo que torna o processo sequencial e automatizado.

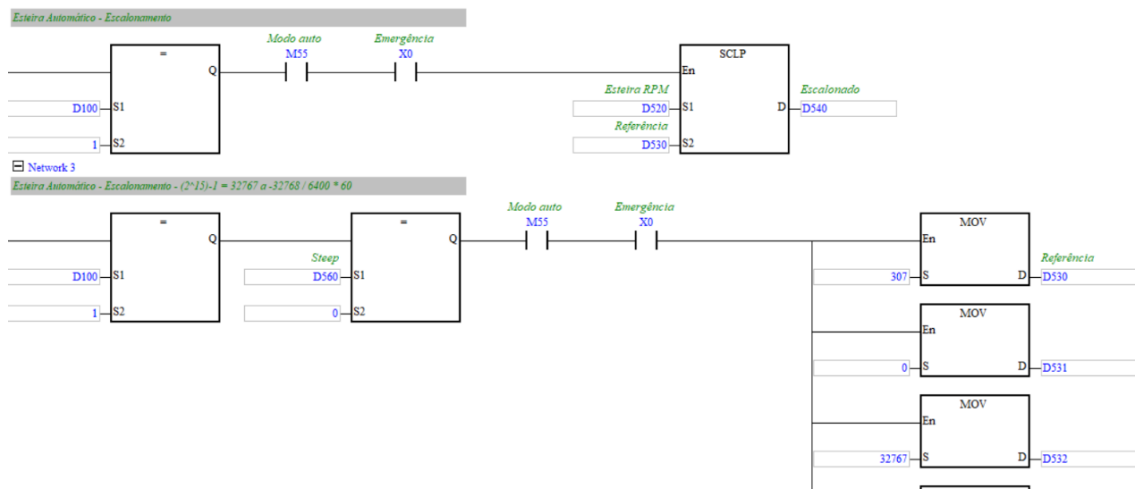
Figura 5 – Estrutura mecânica da esteira



Fonte: Acervo dos autores (2025).

Após a instalação dos componentes elétricos e da estrutura mecânica, foi implementada a lógica ladder no CLP, contemplando funcionamento automático e manual. No software ISPSoft, mapeou-se entradas e saídas do sistema, definindo-se o endereçamento de sensores, botões e atuadores. No modo automático, foram estabelecidos intertravamentos e condições de validação para impedir acionamentos indevidos, garantindo que cada etapa do ciclo ocorra somente após confirmação do sensor. No modo manual, a IHM permite ao operador ajustar a velocidade da esteira, acionar a bomba e comandar a abertura da válvula, possibilitando testes, manutenção e ajustes operacionais. A Figura 6 apresenta o programa desenvolvido em linguagem ladder.

Figura 6 – Programa em Ladder



Fonte: Acervo dos autores (2025).

Por fim, foi elaborada a interface gráfica da IHM no programa DOPSoft com o objetivo de traduzir a lógica implementada no CLP em elementos visuais organizados, permitindo interação eficiente com o equipamento. Foram estruturadas telas contendo parâmetros de processo, indicadores de estado, comandos de acionamento e mensagens de alarme, planejadas para facilitar compreensão e minimizar erros operacionais. Em todas as telas, os vínculos (tags) foram associados às variáveis internas do CLP, garantindo atualização em tempo real via protocolo RS-232. A Figura 7 apresenta a tela de operação automática.

Figura 7 – Tela de operação em automático



Fonte: Acervo dos autores (2025).

A Figura 8 representa a tela de receitas, que permite ajustar parâmetros fundamentais do processo, tais como velocidade da esteira, tempo de detecção do sensor e tempo de abertura da válvula. A tela foi projetada de modo a permitir que cada variável seja configurada individualmente, evitando alterações acidentais e garantindo maior controle sobre a operação.

Figura 8 – Tela de receita do modo automático



Fonte: Acervo dos autores (2025).

A operação em modo manual disponibilizada pela IHM permite acionamento direto dos componentes do sistema, incluindo controle de rotação e sentido do motor de passo, acionamento da bomba e abertura da válvula, possibilitando intervenções pontuais sem necessidade do ciclo automático. A interface apresenta indicadores visuais de status e informações referentes à temperatura do líquido obtidas pelo sensor correspondente, contribuindo para a segurança do processo e evitando danos decorrentes de variações térmicas inadequadas. A Figura 9 ilustra a tela do modo manual, destacando os controles e indicadores disponíveis ao operador.

Figura 9 – Tela de receita do modo manual



Fonte: Acervo dos autores (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos após a montagem, programação e integração do sistema de envase permitiram avaliar o desempenho do equipamento quanto à confiabilidade, precisão e eficiência operacional.

Durante os testes funcionais, verificou-se que o sistema apresentou estabilidade no acionamento dos atuadores, com resposta imediata às rotinas de segurança implementadas na programação Ladder. O botão de emergência atuou conforme o previsto, interrompendo instantaneamente o funcionamento da bomba, da válvula solenóide e do motor da esteira, conforme recomendado por normas de segurança industrial. Esse comportamento confirma a importância de intertravamentos e rotinas de parada segura em sistemas automatizados.

No que diz respeito ao processo de envase, observou-se que a integração entre o sensor capacitivo e a lógica de controle permitiu detectar com precisão a presença dos frascos, minimizando falhas de posicionamento e reduzindo desperdícios. Os volumes envasados permaneceram consistentes ao longo dos ciclos, resultado atribuído à parametrização ajustável pela IHM e ao acionamento sincronizado da bomba e da válvula.

A IHM mostrou-se fundamental para a operação, permitindo ao usuário monitorar variáveis, ajustar tempos de envase e acompanhar o estado dos dispositivos em tempo real. A navegação simples e a disposição organizada dos elementos visuais contribuíram para reduzir erros operacionais, reforçando a importância da ergonomia em interfaces industriais.

Os testes de ciclo completo evidenciaram redução no tempo total de operação em comparação ao processo manual, além de aumento significativo na repetibilidade. Esses resultados demonstram que a automação proposta oferece melhorias mensuráveis em produtividade, alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0.

Figura 10 – Modelagem do protótipo



Fonte: Acervo dos autores (2025).

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento e a implementação do sistema automatizado de envase demonstraram, de forma inequívoca, a viabilidade técnica e operacional da integração sinérgica entre Controlador Lógico Programável (CLP), sensores, atuadores e Interface Homem-Máquina (IHM) em um processo de dosagem industrial de pequeno porte. Os resultados obtidos validaram integralmente os objetivos iniciais do projeto, confirmando que a solução proposta promove um aprimoramento mensurável nos pilares de confiabilidade, segurança e padronização das operações. A construção do protótipo evidenciou que a automação aplicada ao envase proporciona ganhos significativos em precisão e

controle da dosagem, consolidando a importância de soluções tecnológicas acessíveis e flexíveis para o aumento da competitividade no setor produtivo.

A fase de projeto, que englobou a elaboração do diagrama elétrico, a montagem do painel de controle, o desenvolvimento da lógica Ladder e o projeto ergonômico da IHM, comprovou a possibilidade de conceber um sistema robusto utilizando ferramentas e componentes amplamente disponíveis. Tal aplicabilidade reforça o valor do trabalho para ambientes acadêmicos, laboratórios didáticos e pequenas linhas produtivas, onde a relação custo-benefício é decisiva. A arquitetura modular do projeto facilita sua replicação e favorece a expansão de funcionalidades, permitindo adaptações rápidas conforme as demandas específicas de diferentes produtos ou volumes de envase.

Adicionalmente, o sistema desenvolvido representa uma contribuição didático-pedagógica relevante para o ensino e a prática de automação industrial. Ele sintetiza o ciclo completo de um projeto de controle desde o planejamento inicial até a validação funcional em bancada. Esta abordagem prática oferece não apenas um equipamento operante e funcional, mas também um recurso didático tangível para a compreensão de conceitos essenciais de instrumentação, lógica de controle sequencial e supervisão de processos.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a inclusão de sensores adicionais para maior precisão do volume final envasado e a integração de sistemas de visão artificial para verificação automática de posicionamento e qualidade. A expansão para um sistema com múltiplos bicos ou com controle de receita avançado também representa uma evolução natural do projeto, ampliando sua capacidade produtiva e seu nível de automação.

Em síntese, o trabalho comprova que a aplicação da automação em processos de envase promove ganhos técnicos e industriais concretos, estabelecendo uma base sólida para futuros aprimoramentos e pesquisas na área.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica técnica e/ou científica: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BAHRIN, M. A. K. *et al.* Industry 4.0: a review on industrial automation and robotic. **Jurnal Teknologi**, Kuala Lumpur, Malaysia, v. 78, n. 6-13, p. 137-143, 2016. Disponível em: <https://journals.utm.my/jurnalteknologi/article/view/9285>. Acesso em: 25 de out. 2025.

BOLTON, W. **Instrumentação e medidas industriais**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

CHOI J. H. *et al.* **Design and control of an automated liquid filling system for small batch production**. *Journal of Manufacturing Systems*, 2021.

DELTA ELECTRONICS. **DOP-100 series human machine interface**: user manual. Taiwan: Delta Electronics, 2023.

DELTA ELECTRONICS. **DVP-SX2 Series programmable logic controller**: user manual. Taiwan: Delta Electronics, 2023.

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. **Sistemas de controle modernos**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

FONSECA P. D. et al. **Human-machine interface design for industrial automation systems**: a review. IFAC-PapersOnLine, 2019.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

HUGHES T. A. **Programmable controllers**. Ed. ISA, 2019.

IDEM, A. V. S. **CLP**: controlador lógico programável. 8. ed. São Paulo: Érica, 2008.

JESCHKE S. *et al.* **Industrial internet of things and cyber-physical systems**: an overview. Ed. Springer, Cham, 2017.

LIAO Y. *et al.* **The impact of the fourth industrial revolution on manufacturing in developing countries**. Journal of Manufacturing Technology Management, 2017.

MACHADO, P. M. F. **Introdução aos sistemas de automação**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MENDES, R. M. **Programação de CLPs**: métodos e técnicas. São Carlos: Editora Scienza, 2021. Disponível em: https://editorascienza.com.br/ebook/rafael_manfrin_v_1.pdf. Acesso em: 29 out. 2025.

OGATA K. **Engenharia de controle moderno**. São Paulo: Ed. Pearson, 2015.

SCHWAB K. **The fourth industrial revolution**. São Paulo: Ed. Crown Business, 2017.

TEIXEIRA, F. M. P. **Revolução industrial**. 12. ed. São Paulo: Ática, 2019.