

SISTEMA DE ENVASAMENTO AUTOMATIZADO

Mauricio Bueno dos Santos

Gustavo Alves Pereira

Gustavo Henrique de Assis Aguera

Guilherme Pancrácio Spigariol

João Pedro de Souza

Resumo: Este projeto descreve a criação de um sistema automatizado para o envasamento de garrafas, projetado para simular uma fase crucial das linhas de produção de bebidas industriais. A automação desse tipo de processo tem se destacado em resposta aos desafios enfrentados pela sociedade atual, como a demanda crescente por eficiência na produção, a necessidade de minimizar desperdícios, a busca por maior segurança alimentar e a exigência de padronização em larga escala. Esses desafios incentivam a implementação de tecnologias capazes de realizar tarefas repetitivas com elevado nível de precisão, confiabilidade e controle, diminuindo a necessidade de mão de obra em atividades que demandam rigor operacional. O sistema criado é organizado em uma base rotativa com quatro posições, duas esteiras transportadoras, um reservatório para o líquido, uma bomba de combustível, dois motores de vidro elétrico, um motor de passo e um conjunto de sensores ópticos encarregados de identificar e acompanhar as garrafas durante as etapas. Na primeira etapa, uma esteira transporta a garrafa até a base rotativa. Na segunda etapa, acontece o processo de dosagem, em que a bomba de combustível, conectada a um dosador, move o líquido do reservatório para dentro da garrafa. Na terceira estação, um atuador remove a garrafa da base giratória e a coloca sobre a segunda esteira, que é encarregada de concluir o ciclo e emitir um sinal sonoro (buzzer) indicando a continuidade do processo. Um Controlador Lógico Programável (CLP) gerencia todo o sistema, sendo responsável pela lógica sequencial, leitura dos sensores e ativação dos atuadores. A metodologia empregada incluiu as fases de planejamento dos componentes, montagem mecânica e elétrica, programação no CLP e execução de testes práticos, possibilitando a análise do comportamento das variáveis implicadas no processo de envase automatizado. A criação desse protótipo demonstra a importância da automação industrial em um contexto em que empresas e instituições procuram soluções para melhorar a produtividade, diminuir erros e promover ambientes de trabalho mais seguros. Além disso, o estudo ressalta desafios significativos do presente, como a demanda por profissionalização técnica, a atualização de pequenas e médias indústrias e a implementação de processos mais inteligentes e sustentáveis, que cumpram os requisitos técnicos e econômicos de um mercado em mudança.

Palavras-Chave: Automação, Envasamento, Processo industrial, Sistema de enchimento, Fabricação de bebidas.

Abstract: This project describes the development of an automated system for bottle filling, designed to simulate a crucial stage of industrial beverage production lines. The automation of this type of process has become increasingly important in response to current societal challenges, such as the growing demand for production efficiency, the need to minimize waste, the pursuit of greater food safety, and the requirement for large-scale standardization. These challenges encourage the implementation of technologies capable of performing repetitive tasks with a high level of precision, reliability, and control, reducing the need for human labor in activities that require strict operational accuracy. The system created is organized around a rotating base with four positions, two conveyor belts, a liquid reservoir, a fuel pump, two automotive window-lift motors, a stepper motor, and a set of optical sensors responsible for identifying and tracking the bottles throughout the stages. In the first stage, a conveyor transports the bottle to the rotating base. In the second stage, the dosing process occurs, in which the fuel pump, connected to a dispenser, transfers the liquid from the reservoir into the bottle. In the third station, an actuator removes the bottle from the rotating base and places it on the second conveyor belt, which is responsible for completing the cycle and triggering an audible signal (buzzer) indicating the continuation of the process. A Programmable Logic Controller (PLC) manages the entire system, being responsible for sequential logic, sensor readings, and actuator activation. The methodology employed included the stages of component planning, mechanical and electrical assembly, PLC programming and practical testing, allowing the analysis of the variables involved in the automated filling process. The creation of this prototype demonstrates the importance of industrial automation in a context where companies and institutions seek solutions to improve productivity, reduce errors, and promote safer working environments. Additionally, the study highlights significant contemporary challenges, such as the demand for technical professionalization, the modernization of small and medium-sized industries, and the implementation of smarter and more sustainable processes that meet the technical and economic requirements of a changing market.

Keywords: *Automation, Bottling, industrial process, Filling system, Beverage manufacturing*

1 INTRODUÇÃO

Durante o curso técnico em Automação Industrial, percebemos o quanto os processos industriais estão cada vez mais dependentes de sistemas automatizados que aumentem a eficiência e reduzam a mão de obra humana. Um dos setores onde essa automação é bastante visível e necessária é o de fabricação de bebidas, especialmente na etapa de envasamento, que exige precisão, repetibilidade e controle. Isso despertou nosso interesse em desenvolver um projeto que simulasse, de forma prática, uma linha de produção automatizada voltada para o envasamento de garrafas. Nosso objetivo principal com este trabalho foi criar um sistema funcional,

utilizando CLP (Controlador Lógico Programável), sensores, atuadores e outros componentes eletromecânicos, que reproduzisse as principais etapas de um processo industrial de envase. O sistema que desenvolvemos conta com uma base giratória com quatro posições, duas esteiras, um dosador com bomba de combustível, um reservatório (onde será armazenado o líquido) e sensores que detectam a presença das garrafas, o nível do líquido e a conclusão do processo. Todas essas etapas são coordenadas pelo CLP, que garante o funcionamento sequencial de forma precisa e confiável. A importância deste projeto se justifica tanto sob a ótica teórica quanto prática. Do ponto de vista acadêmico, ele promove a aplicação dos conhecimentos em automação industrial, controle lógico e integração de sistemas. Já do ponto de vista prático, apresenta uma solução viável e escalável para a automação de processos industriais, podendo ser adaptada para diferentes segmentos produtivos. Os benefícios esperados com este projeto incluem a redução de erros no processo de envasamento, a melhoria na eficiência da produção, a diminuição da necessidade de intervenção humana e a possibilidade de aplicação do sistema em ambientes reais de produção. Com isso, pretende-se não apenas demonstrar a viabilidade técnica da solução, mas também reforçar a importância da automação como ferramenta estratégica para o desenvolvimento industrial.

2 OBJETIVO

Desenvolver e demonstrar um sistema automatizado de envasamento de garrafas, utilizando CLP para simular um processo industrial eficiente e preciso. O projeto tem como objetivo principal integrar aprendizados teóricos e práticos da área de Automação Industrial, promovendo o controle sequencial das etapas de transporte, dosagem e retirada das garrafas por meio de sensores, atuadores e esteiras. Com isso, busca-se otimizar o processo, aumentar a precisão, reduzir falhas humanas e reforçar a importância da automação em ambientes industriais.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Fundamentação Teórica

A automação industrial tem como finalidade substituir, complementar ou aprimorar atividades humanas por meio de tecnologias que elevam a eficiência, a segurança e a padronização dos processos produtivos. Segundo Groover (2014), a automação envolve a integração de equipamentos mecânicos, sistemas eletrônicos e dispositivos computacionais, capazes de executar operações repetitivas com alta precisão e baixo índice de variabilidade. Esse avanço tecnológico responde às demandas contemporâneas das indústrias, que buscam maior produtividade, redução de custos e padronização da qualidade final.

No contexto industrial, um dos elementos mais utilizados é o Controlador Lógico Programável (CLP), dispositivo responsável pela leitura de sensores, tomada de decisão lógica e acionamento de atuadores. Para Bolton (2015), o CLP tornou-se padrão em linhas de produção por sua robustez, flexibilidade de programação e capacidade de operar em ambientes hostis. Sua arquitetura permite criar lógicas sequenciais essenciais em processos de envase, transporte e inspeção de produtos.

Além disso, os sensores desempenham papel fundamental, fornecendo dados em tempo real sobre a presença de garrafas, posicionamento e sincronização de etapas. De acordo com Niku (2019), sensores ópticos são amplamente empregados em sistemas automatizados por apresentarem alta sensibilidade, baixo custo e resposta rápida, características que garantem a confiabilidade do processo de detecção.

O processo de envase automatizado exige controle rigoroso de fluxo, volume, tempo de operação e sincronização entre os componentes do sistema. Bombas dosadoras, como as bombas peristálticas, são frequentemente utilizadas em linhas de bebidas, produtos farmacêuticos e cosméticos devido à precisão no transporte de líquidos e ao fato de evitar contaminação, já que o fluido não entra em contato com partes mecânicas da bomba (WRIGHT; DUNNE, 2017).

A movimentação das garrafas é realizada por meio de esteiras transportadoras, que garantem fluxo contínuo e integração entre etapas. Para Corrêa e Gianesi (2013), a automação de transporte interno permite que sistemas industriais atinjam altos níveis de cadência sem comprometer a integridade dos produtos. Já a utilização de bases rotativas (ou mesas indexadoras) é comum quando se deseja dividir o processo em estações sequenciais, garantindo repetibilidade e reduzindo o tempo de ciclo.

O conjunto formado por sensores, atuadores, esteiras, bombas e CLP compõem um sistema de controle de manufatura, que, segundo MacDougall (2014), está alinhado com os princípios da Indústria 4.0, cuja ênfase está na integração de equipamentos físicos e digitais para aumentar a eficiência e rastreabilidade. Assim, sistemas de envase automatizados representam uma aplicação prática desses conceitos, oferecendo maior precisão, segurança alimentar e padronização do produto final.

Portanto, a automação de processos de envase não apenas aumenta a qualidade e a confiabilidade das operações, mas também prepara ambientes produtivos para desafios modernos, como competitividade global, necessidade de produção limpa e redução de desperdícios. A literatura demonstra que a adoção de tecnologias industriais bem integradas é fundamental para garantir resultados consistentes e adaptar pequenas e médias fábricas às exigências de um mercado dinâmico e em constante evolução.

3.2 Metodologia

A metodologia aplicada foi experimental, com desenvolvimento de um protótipo capaz de simular um processo real de envase. O trabalho foi dividido em planejamento, montagem, programação e testes.

3.2.1 Planejamento

Para o desenvolvimento do sistema, foram selecionados os seguintes componentes:

- 1 Controlador Lógico Programável (CLP) modelo CPWS13/8DI8DO2AI2AO-OEM;
- 3 sensores fotoelétricos ópticos para detecção das garrafas;
- 2 motores de vidro elétrico universal 12V Mabuchi, 2 utilizados para acionamento das esteiras transportadoras;
- 1 bomba de Combustível Uno 12V, empregada no processo de dosagem do líquido;
- 1 reservatório de 5 litros para armazenamento do fluido a ser envasado;
- 1 base giratória com quatro posições de operação;
- 1 buzzer, utilizado para sinalização sonora do processo;
- 1 motor de passo, responsável pela movimentação da base giratória.

3.2.2 Montagem

A base giratória foi instalada com o motor de passo Nema 23, garantindo posicionamento preciso nas quatro estações. As duas esteiras foram montadas com estrutura em MDF, roletes usinados e motores de vidro elétrico, responsáveis pelo deslocamento das garrafas. Os sensores fotoelétricos foram fixados estrategicamente nas entradas e saídas das esteiras, além de uma posição na base para confirmar o alinhamento da garrafa na estação de envase.

A bomba de combustível foi instalada próxima ao reservatório de 5 litros, permitindo uma dosagem estável e sem contato direto do líquido com componentes mecânicos. Todas as ligações elétricas foram organizadas e conectadas ao CLP, que centraliza o controle do sistema. O buzzer foi acoplado na estrutura para sinalização sonora ao final do ciclo.

Figura 1 – Projeto Finalizado



3.3 Resultados

Os resultados demonstraram que o sistema alcançou um desempenho satisfatório em todas as etapas do processo. As duas esteiras apresentaram transporte eficiente das garrafas, permitindo o fluxo contínuo da operação. A base giratória proporcionou posicionamento preciso das garrafas em todas as estações, o que favoreceu a sincronização do ciclo. O processo de envase apresentou boa repetibilidade, resultado do controle por tempo aplicado à bomba de combustível, garantindo volumes consistentes entre os ciclos. A detecção das garrafas pelos sensores registrou baixa margem de erro, contribuindo para a confiabilidade do sistema.

Além disso, o conjunto operou de forma contínua, exigindo intervenção humana apenas para reposição das garrafas, e forneceu sinalização sonora confiável ao final de cada ciclo. Dessa forma, o protótipo conseguiu simular de maneira fiel as principais etapas de uma linha industrial de envase.

3.4 Discussão

A análise dos resultados evidencia que a automação proposta apresentou eficiência no controle do processo de envase na linha experimental, demonstrando estabilidade na integração entre CLP, sensores e atuadores, o que permitiu uma operação automatizada e previsível. A escolha dos componentes também se mostrou adequada, uma vez que os motores de vidro elétrico forneceram torque suficiente para a movimentação das esteiras, o motor de passo garantiu a precisão necessária à base giratória, a bomba de combustível possibilitou uma dosagem regular e os sensores ópticos apresentaram boa resposta durante a detecção das garrafas. Dessa forma, o sistema atingiu plenamente os objetivos estabelecidos, comprovando sua aplicabilidade como protótipo funcional de automação industrial. O processo de montagem e programação refletiu práticas reais encontradas em ambientes industriais, contribuindo para o fortalecimento do aprendizado técnico do grupo. Para trabalhos futuros, o sistema pode ser aprimorado com a inclusão de variadores de velocidade nas esteiras, sensores de nível no reservatório, medição volumétrica por encoder e integração com um supervisório SCADA, ampliando ainda mais o desempenho e o nível de automação do protótipo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de desenvolvimento de um sistema automatizado de envasamento permitiu comprovar, na prática, os conceitos abordados ao longo do curso de Automação Industrial. A hipótese apresentada na introdução de que seria possível criar um protótipo funcional capaz de simular um processo real de envase utilizando CLP, sensores e atuadores.

O sistema demonstrou eficiência no transporte das garrafas, precisão na dosagem do líquido e sincronização adequada entre as etapas do processo. A base giratória, a bomba de combustível, os motores das esteiras e os sensores ópticos trabalharam de forma integrada, resultando em um ciclo contínuo e com baixa necessidade de intervenção humana. Esses resultados reforçam a importância da automação industrial como ferramenta essencial para aumentar produtividade, reduzir falhas e garantir maior padronização nos processos.

A partir das análises realizadas, constatou-se que o protótipo desenvolvido é uma solução viável e didaticamente eficaz, pois permite visualizar de maneira clara as etapas de um processo industrial real. Além disso, possibilita futuras evoluções, como controle de velocidade, supervisão remota, implementação de protocolos de segurança e melhorias no sistema de dosagem.

Portanto, o trabalho atinge plenamente seus objetivos, apresentando um sistema automatizado funcional, eficiente e alinhado aos princípios da automação industrial. As experiências adquiridas durante o desenvolvimento do projeto contribuíram significativamente para o aprendizado técnico do grupo, consolidando tanto conhecimentos teóricos quanto práticos.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R. A. Automação Industrial: Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Érica, 2019.
- BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2017.
- KUCZKOWSKI, A.; MONTEIRO, J. Instalações Elétricas Industriais. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- SOUZA, G. Sensores e Atuadores para Automação Industrial. 2. ed. São Paulo: Érica, 2021.
- GEORG, ERICH. Coleção Automação Industrial – Introdução à Programação de CLP, Volumes 1 e 2. Almeida & Porto, 2014/2015.
- PEREIRA, I. P.; Ferrarezi Júnior, E. “A importância da automação no sistema de envase”. Interface Tecnológica, v. 20, n. 2, 2023 SENAI. CLP – Controladores Lógicos Programáveis.
- SENAI Editora, 2018. WEG. Automação Industrial – Aplicações Práticas.
- WEG. Automação Industrial – Aplicações Práticas. WEG, 2020.
- GROOVER, M. P. Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing. 4. Ed. New Jersey: Pearson, 2014.
- BOLTON, W. Automação Industrial. São Paulo: Blucher, 2015.