

# Projeto e desenvolvimento de sistema de automação industrial com sistema supervisório e plano de manutenção integrado para uma unidade de beneficiamento de sementes

*Design and development of an industrial automation system with supervisory control and integrated maintenance plan for a seed processing unit*

HERIC SANTOS PEREIRA

Discente de Engenharia Elétrica (UNIPAM)  
hericsp@unipam.edu.br

GASPAR EUGÊNIO OLIVEIRA RAMOS

Professor orientador (UNIPAM)  
gasparramos@unipam.edu.br

---

**Resumo:** Este estudo teve como objetivo desenvolver e implementar um sistema de automação industrial em uma linha de beneficiamento de sementes, visando à otimização da produção e à garantia da qualidade do produto final. Para isso, integrou-se ao processo um sistema de controle supervisório e aquisição de dados (SCADA), permitindo o monitoramento em tempo real e a adoção de um plano de manutenção preventiva. Os resultados demonstraram que a automação industrial, aliada ao sistema SCADA e à manutenção preventiva, constitui uma estratégia eficaz para o aumento da produtividade e da qualidade das sementes. Por meio de simulações em bancada, foi possível validar a eficiência do sistema desenvolvido, o qual automatizou os processos, centralizou os controles e otimizou o tempo de operação. A implementação do sistema automatizado resultou em ganhos significativos, como maior eficiência operacional, redução de custos, melhoria na qualidade do produto final e incremento na segurança dos operadores. Os dados obtidos indicam a viabilidade técnica e os benefícios da automação industrial para o setor de beneficiamento de sementes, podendo servir de base para aplicações futuras em outras unidades.

**Palavras-chave:** automação industrial; manutenção preventiva; SCADA.

**Abstract:** This study aimed to develop and implement an industrial automation system in a seed processing line, with the objective of optimizing production and ensuring the quality of the final product. To achieve this, a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system was integrated into the process, enabling real-time monitoring and the adoption of a preventive maintenance plan. The results demonstrated that industrial automation, combined with the SCADA system and preventive maintenance, represents an effective strategy for increasing seed productivity and quality. Through bench simulations, the efficiency of the developed system was validated, which automated processes, centralized controls, and optimized operating time. The implementation of the automated system resulted in significant gains, such as increased operational efficiency, cost reduction, improved final product quality, and enhanced operator

safety. The data obtained indicate the technical feasibility and benefits of industrial automation for the seed processing sector and may serve as a basis for future applications in other units.

**Keywords:** industrial automation; preventive maintenance; SCADA.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos, o ser humano demonstrou constante preocupação com o ambiente ao seu redor. Tal preocupação manifestou-se na fabricação de utensílios destinados a facilitar as atividades cotidianas, como a caça, a pesca, a construção de habitações e de espaços destinados ao culto. Com o aprimoramento desses utensílios e estruturas, tornou-se necessária a adoção de práticas voltadas ao cuidado, à reparação e, eventualmente, à substituição de componentes, configurando, ainda que de forma rudimentar, o surgimento das primeiras práticas de manutenção (Almeida, 2016).

De acordo com a empresa Schneider Electric ([202?]), atuante no setor de automação industrial, essa tecnologia exerce papel fundamental na ampliação da produtividade e na otimização dos processos de fabricação e produção. Parte essencial desse avanço é a utilização de sistemas de automação industrial, os quais viabilizam o gerenciamento e a integração das operações produtivas com maior precisão e eficiência.

Os controles de processos industriais e a automação da manufatura têm exercido impacto significativo e representam uma das áreas de maior sucesso na aplicação do Controlador Lógico Programável (CLP). Essa tecnologia é amplamente empregada em diversos sistemas que demandam automação e inteligência, não apenas substituindo o trabalho humano, mas também promovendo maior precisão, confiabilidade, eficiência de custos e agilidade operacional (Natale, 2000).

No contexto industrial, evidencia-se a necessidade de concentrar de forma eficiente as informações obtidas por meio da automação, com o objetivo de maximizar a coleta de dados em intervalos de tempo reduzidos. Para atender a essa demanda, tornou-se imprescindível a implementação de um sistema centralizado e compacto, capaz de realizar acionamentos e leituras de sensores operados por profissionais da área. Nesse cenário, destaca-se o sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), o qual oferece soluções para o monitoramento e controle de processos industriais. Tal sistema coleta dados por meio de dispositivos remotos — principalmente os CLPs —, organiza essas informações e as apresenta aos operadores por meio de diversas interfaces (Bayer; Eckhardt; Machado, 2011).

Nesse contexto, é feito o seguinte questionamento: a integração da manutenção com a automação dos processos industriais e a implementação de um sistema SCADA seria a solução mais eficiente para impulsionar a produção industrial?

O objetivo geral deste trabalho consiste no desenvolvimento de um projeto de automação para uma linha de beneficiamento de sementes, associado a um plano de manutenção preventiva, incorporado a um sistema de controle supervisório e aquisição de dados (SCADA). Tal projeto visa não apenas à produção em larga escala, mas também à elevação da qualidade das sementes, promovendo, assim, maior produtividade no campo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL POR CLP

A automação industrial engloba um conjunto de tecnologias que empregam sistemas e dispositivos de controle, como robótica e *software*, com o propósito de automatizar operações e maquinário na indústria, dispensando intervenção direta de seres humanos. Além de trazer benefícios, como a redução de custos e a diminuição do tempo de produção, essa abordagem melhora significativamente a eficiência e elimina possíveis erros associados à intervenção humana. (Revista Ferramental, 2022).

Segundo Roggia e Fuentes (2016), a automação industrial tem passado por avanços significativos nas últimas décadas, e esse desenvolvimento continua a ocorrer de forma acelerada na contemporaneidade. A cada ano, novas tecnologias são introduzidas, enquanto outras são continuamente aperfeiçoadas, ampliando as possibilidades de implementação de soluções voltadas à automação de processos. Essa evolução tecnológica tem permitido a aplicação da automação em diversos contextos, desde sistemas residenciais e comerciais até processos industriais de alta complexidade. No presente estudo, o foco recai sobre a automação de processos industriais, cuja aplicabilidade abrange desde operações simples, de pequena escala, até plantas industriais amplamente automatizadas, caracterizadas por alto grau de integração e controle.

O primeiro aspecto a ser considerado na automação de processos é a lógica sequencial que orienta sua execução. Para tanto, é fundamental compreender os conceitos de algoritmo, portas lógicas e programação na linguagem Ladder. Um algoritmo pode ser definido como uma sequência organizada de instruções que, quando executadas de forma precisa e ordenada, conduzem à resolução de um problema específico.

De acordo com Cormen *et al.* (2012), um algoritmo é uma sequência finita de instruções, claramente definidas e desprovidas de ambiguidade, cuja execução ocorre em um tempo finito e resulta em uma saída específica. Para que um algoritmo seja eficaz, é necessário atender a premissas fundamentais, tais como a formulação de ações simples e inequívocas, sua disposição em uma ordem lógica e a delimitação dessas ações em um conjunto finito de etapas. A Figura 1 ilustra um exemplo de algoritmo aplicado à troca de um pneu automotivo, no qual, ao seguir as instruções enumeradas de 1 a 9, é possível executar corretamente essa operação.

**Figura 1:** Exemplo de Algoritmo sobre a troca de um pneu de carro

---

**Algoritmo 1** Troca de pneu do carro.

---

- 1: desligar o carro
  - 2: pegar as ferramentas (chave e macaco)
  - 3: pegar o estepe
  - 4: suspender o carro com o macaco
  - 5: desenroscar os 4 parafusos do pneu furado
  - 6: colocar o estepe
  - 7: enroscar os 4 parafusos
  - 8: baixar o carro com o macaco
  - 9: guardar as ferramentas
- 

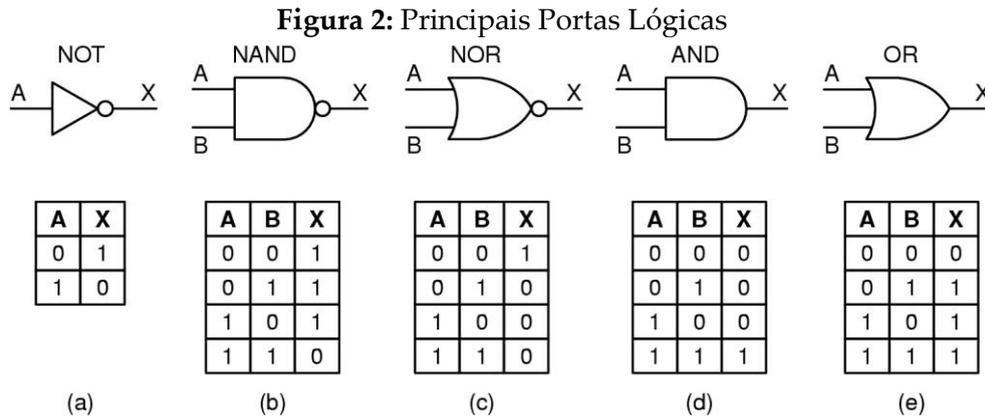
Fonte: adaptado de Ferrari e Cechinel, 2008, p. 15.

No ano de 1854, o matemático britânico George Boole escreveu um trabalho intitulado *Uma Investigação das Leis do Pensamento*, em que investigou a formulação de decisões lógicas com base em proposições que podem assumir valores de verdadeiro ou falso. Esse método passou a ser conhecido como lógica *booleana*, e o sistema correspondente, que utiliza símbolos e operadores para representar essas decisões, recebeu o nome de álgebra *booleana*. Tal conceito constitui um dos fundamentos essenciais da eletrônica digital (Roggia; Fuentes, 2016).

Para Petruzella (2014), os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), assim como outros dispositivos digitais, operam com base nos princípios da lógica digital, na qual as informações são representadas por dois estados distintos: "1" ou "0", que podem ser interpretados como ligado/desligado, verdadeiro/falso, alto/baixo, entre outras equivalências. Essa característica binária é crucial para garantir a velocidade e a precisão no processamento de dados, uma vez que elimina a possibilidade de estados intermediários.

A Figura 2 apresenta a simbologia das principais portas lógicas, amplamente utilizadas em circuitos digitais. A Figura 2(a), identificada como "NOT", representa a porta lógica *NOT* (ou *NÃO*), cuja principal função é inverter o sinal de entrada, isto é, transformar um nível lógico "1" em "0" e vice-versa. Em seguida, a Figura 2(b) mostra a porta *NAND* ("E-NÃO"), que corresponde a uma combinação da operação lógica *AND* seguida de uma negação, produzindo uma saída falsa apenas quando todas as entradas são verdadeiras. Por fim, a Figura 2(c) apresenta a porta *NOR* ("OU-NÃO"), que realiza a operação *OR* seguida de uma negação, gerando uma saída verdadeira somente quando todas as entradas são falsas.

Já na Figura 2(d), tem-se a porta lógica *AND* ("E"), a qual gera uma saída verdadeira somente quando todas as entradas forem verdadeiras simultaneamente. Em complemento, a Figura 2(e) representa a porta lógica *OR* ("OU"), que produz uma saída verdadeira sempre que pelo menos uma das entradas for verdadeira. Essas portas lógicas constituem elementos fundamentais na construção de circuitos digitais e desempenham papel central na execução de operações lógicas em sistemas de eletrônica digital e automação. São, portanto, a base do funcionamento de diversos dispositivos computacionais, como computadores e controladores lógicos programáveis (CLPs).

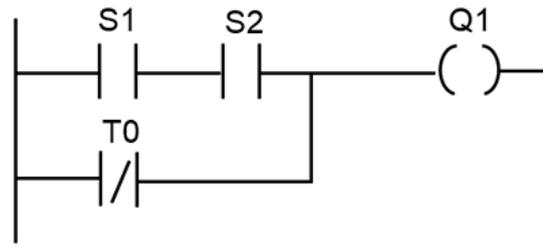


Fonte: adaptado de Felgueiras, 2003.

A linguagem de programação constitui uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de software, uma vez que permite a escrita de sequências de instruções capazes de manipular o comportamento de dispositivos. No contexto da automação industrial, uma das linguagens mais empregadas é a *Ladder*, cuja origem remonta aos antigos diagramas de contatos elétricos. Trata-se de uma linguagem de programação gráfica que utiliza símbolos visuais para representar operações lógicas e aritméticas, o que contribui para a simplificação da programação de dispositivos de controle, como os CLPs. Através da linguagem *Ladder*, é possível representar circuitos elétricos complexos em uma interface gráfica de fácil interpretação, favorecendo a compreensão por parte dos profissionais da área. Em razão dessa característica, a linguagem *Ladder* consolidou-se como uma das mais utilizadas na automação industrial, desempenhando papel fundamental na implementação de sistemas de controle automatizados (ABB, 2022).

A Figura 3 apresenta um exemplo de diagrama *Ladder*, utilizado como representação gráfica da lógica de programação em Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). Esse tipo de diagrama é composto por duas linhas verticais, que simbolizam as fontes de alimentação, e por linhas horizontais, que representam os circuitos de controle. No exemplo ilustrado, a saída Q1 assumirá nível lógico alto somente se os contatos S1 e S2 forem acionados simultaneamente, ou se o contato T0 não apresentar nível lógico alto. Os circuitos do diagrama *Ladder* são constituídos por símbolos gráficos padronizados, os quais representam funções lógicas e dispositivos de entrada e saída do CLP. A ampla utilização dessa linguagem na programação de CLPs decorre de sua simplicidade e da facilidade de interpretação por parte dos profissionais da área de automação.

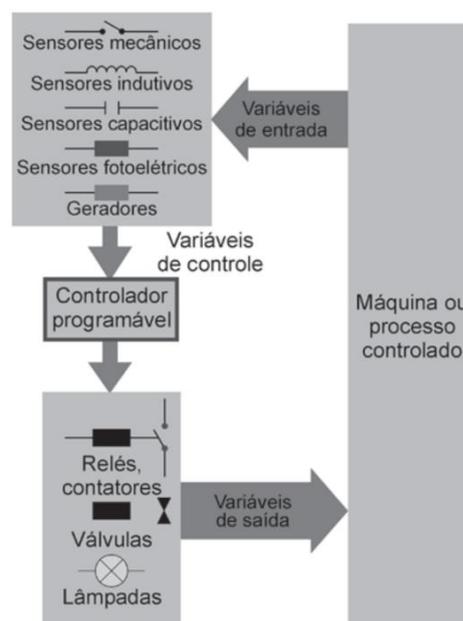
**Figura 3:** Diagrama de programação em linguagem *Ladder*



Fonte: adaptado de ABB, 2022.

A operação do CLP em um sistema automatizado é ilustrada na Figura 4. Os sensores realizam a coleta contínua de dados sobre as condições operacionais do processo e transmitem essas informações ao CLP. Com base nos sinais recebidos e nas instruções previamente programadas, o CLP processa os dados e atua sobre os elementos de saída, como válvulas, motores e demais dispositivos eletromecânicos, promovendo os ajustes necessários ao funcionamento adequado do sistema.

**Figura 4:** Operação do CLP



Fonte: adaptado de Natale, 2000.

A utilização da automação por CLP tem como objetivo a implementação de sistemas autônomos, com o emprego de instrumentações específicas. Nesses sistemas, utilizam-se sensores capazes de captar grandezas físicas, tais como temperatura, campos elétricos e magnéticos, possibilitando a substituição do sensoriamento humano em ambientes industriais.

## 2.2 INSTRUMENTAÇÃO

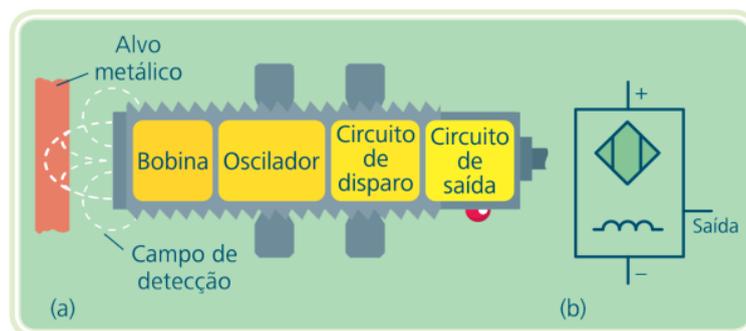
A instrumentação exerce uma função essencial nos processos industriais, ao fornecer medições precisas que possibilitam a análise comparativa entre diferentes abordagens operacionais. Essa função é viabilizada por meio do uso de sensores e dispositivos projetados para monitorar diversas grandezas físicas inerentes aos processos produtivos. O profissional especializado na área de instrumentação é responsável pelo projeto e pela seleção criteriosa dos sensores e instrumentos mais adequados, de modo a assegurar o desempenho e a confiabilidade dos sistemas automatizados (Fujisawa *et al.*, 2020).

Os sensores, por sua vez, desempenham papel central na detecção e, frequentemente, na quantificação de diferentes grandezas físicas. Esses dispositivos são capazes de converter variações em grandezas mecânicas, magnéticas, térmicas, ópticas e químicas em sinais elétricos, como tensão ou corrente elétrica. A classificação dos sensores é realizada com base na natureza da grandeza mensurada, sendo sua aplicação indispensável para o controle preciso e eficiente dos processos industriais modernos (Petruzella, 2014).

Os sensores indutivos são dispositivos eletrônicos capazes de detectar a proximidade de elementos metálicos sem a necessidade de contato físico direto. Seu princípio básico fundamenta-se na geração de um campo eletromagnético por meio de uma bobina ressonante posicionada na face ativa do sensor. Quando um objeto metálico se aproxima deste campo, ocorre uma absorção parcial da energia eletromagnética, resultando na redução da amplitude do sinal gerado pelo oscilador interno. Essa diminuição em relação ao valor de referência aciona o estágio de saída do sensor, indicando a presença do objeto metálico (Roggia; Fuentes, 2016).

A Figura 5 ilustra o diagrama funcional do sensor indutivo, bem como sua simbologia convencional utilizada em projetos e esquemas técnicos. A bobina interage com o alvo metálico por meio do campo de detecção gerado pelo oscilador, cujo sinal é processado pelo circuito de disparo e, posteriormente, pelo circuito de saída, que efetua o acionamento correspondente.

**Figura 5:** Diagrama e simbologia do sensor indutivo.

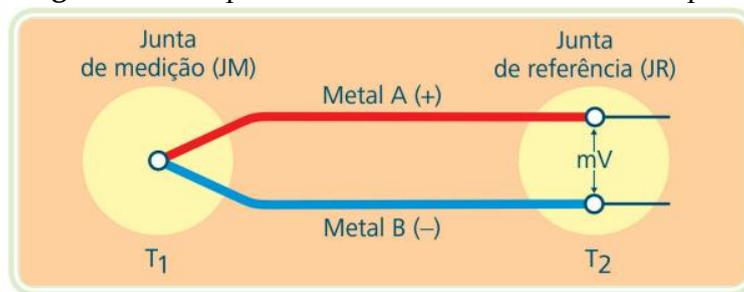


Fonte: adaptado de Roggia e Fuentes, 2016.

No que tange aos sensores de temperatura, os termopares configuram-se como os dispositivos mais empregados no meio industrial. O princípio de funcionamento desses sensores baseia-se na propriedade termoelétrica, segundo a qual a junção de dois metais distintos em um ponto denominado junta quente ou de medição (JM) gera uma força eletromotriz (tensão elétrica) na ordem de milivolts na outra extremidade, denominada junta fria ou de referência (JR), desde que esta última esteja submetida a uma temperatura diferente daquela existente na junta quente (Roggia; Fuentes, 2016).

O princípio operacional pode ser exemplificado na Figura 6, que ilustra as junções dos dois metais, identificando a junta de medição e a junta de referência, bem como o sinal de tensão gerado em milivolts, o qual é utilizado para a determinação da temperatura.

**Figura 6:** Princípio de funcionamento de um termopar.



Fonte: adaptado de Roggia e Fuentes, 2016.

A instrumentação pode ser integrada de forma eficiente aos processos de manutenção industrial para a aquisição sistemática de dados, gerando um volume substancial de informações relevantes para a tomada de decisão na área. A coleta de variáveis como temperatura, vibração, pressão e outras grandezas críticas permite o monitoramento contínuo do desempenho dos equipamentos, possibilitando a identificação precoce de padrões indicativos do surgimento de falhas ou anomalias.

### 2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com a norma ABNT NBR 5462:1994, manutenção é definida como o conjunto de ações técnicas e administrativas destinadas a conservar ou restaurar um item, de modo que este permaneça em condições adequadas de operação conforme os requisitos estabelecidos. Segundo Almeida (2016), a manutenção pode ser classificada em três categorias principais: corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção preventiva consiste em uma estratégia voltada à prevenção de falhas, buscando evitar paradas inesperadas e a evolução de problemas incipientes para danos de maior gravidade. Sua implementação baseia-se na análise dos registros de manutenção corretiva e na estimativa da vida útil dos componentes, considerando a experiência acumulada pela organização. Essa abordagem permite não apenas antecipar falhas, mas também identificar defeitos potenciais que possam comprometer a durabilidade dos equipamentos, mesmo quando mascarados por sintomas manifestados em outras partes do sistema.

A estratégia de manutenção preventiva, conforme destacado por Gregório e Silveira (2018), oferece benefícios significativos para a gestão eficiente dos ativos industriais. Fundamentada na realização de intervenções planejadas em equipamentos que ainda não apresentaram falhas, essa abordagem visa prolongar a vida útil dos bens de capital, ao mesmo tempo em que reduz a probabilidade de falhas em componentes críticos.

De acordo com Seleme (2015), os benefícios proporcionados por essa estratégia são abrangentes e relevantes. A manutenção preventiva contribui para o aumento da durabilidade operacional dos equipamentos, reduz os custos de curto prazo ao evitar reparos emergenciais e promove a continuidade do processo produtivo, minimizando interrupções e, conseqüentemente, assegurando maior estabilidade na linha de produção. Além disso, possibilita a previsão das ações de manutenção a serem executadas, favorecendo o planejamento estratégico e a previsibilidade operacional.

Para a implementação eficaz de um plano de manutenção preventiva, conforme destacado por Gregório e Silveira (2018), é imprescindível a disponibilização de informações detalhadas, como o histórico de funcionamento dos equipamentos, registros de desempenho de máquinas similares e recomendações fornecidas pelos fabricantes. Adicionalmente, a execução dessa estratégia requer a atuação de profissionais qualificados, a utilização de instrumentos e ferramentas adequadas, além do comprometimento da gestão, entre outros fatores essenciais. Esses elementos são fundamentais para assegurar a eficácia da manutenção preventiva e a confiabilidade operacional dos ativos industriais. No contexto da automação do processo de beneficiamento de sementes, bem como da integração de um plano de manutenção preventiva e do desenvolvimento de telas para o sistema supervisório, torna-se necessária a utilização de uma plataforma de software que contemple funcionalidades de desenvolvimento e integração. Nesse sentido, destaca-se o TIA Portal como uma das soluções disponíveis no mercado, por oferecer recursos que viabilizam essas aplicações de forma integrada e eficiente.

#### 2.4 SOFTWARE: TIA PORTAL SIEMENS

O TIA Portal (*Totally Integrated Automation*), desenvolvido pela Siemens e lançado em 2010, constitui uma plataforma integrada destinada à realização de tarefas de automação e controle de forma eficiente e intuitiva. Sua estrutura foi concebida para otimizar o desempenho das atividades de engenharia e proporcionar uma experiência de uso acessível tanto para iniciantes quanto para profissionais experientes na área. O ambiente unificado do TIA Portal permite a integração entre controladores programáveis (CLPs), interfaces homem-máquina (IHMs) e sistemas de acionamento, assegurando a consistência e integridade dos dados compartilhados em todas as etapas do ciclo de automação, desde a configuração inicial até o diagnóstico do sistema (Siemens, 2017).

Além disso, o TIA Portal oferece bibliotecas robustas que abrangem os principais componentes e funções da automação industrial, promovendo padronização e reutilização de código. Sua abordagem de engenharia integrada facilita a implementação de soluções em automação digital, englobando o planejamento digital, a

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL  
COM SISTEMA SUPERVISÓRIO E PLANO DE MANUTENÇÃO INTEGRADO PARA UMA UNIDADE  
DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES

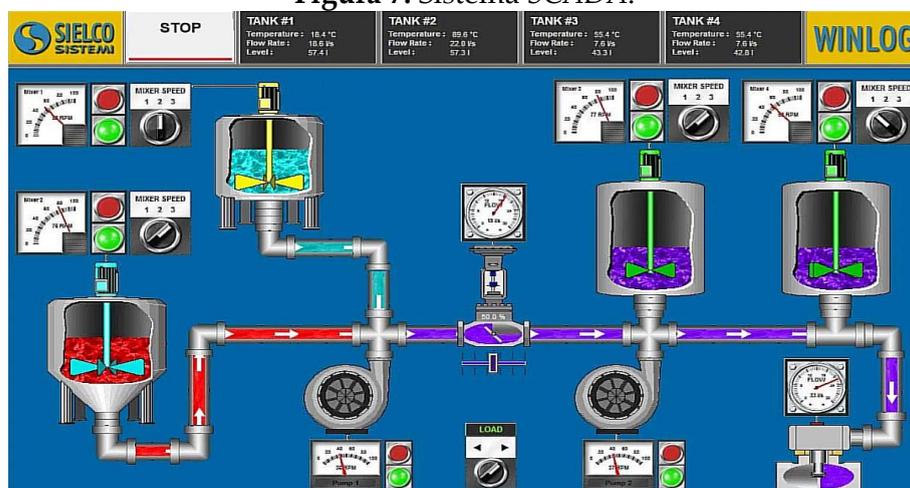
engenharia consolidada e a operação contínua. Quando utilizado em conjunto com o Digital Enterprise Software Suite, também da Siemens, o TIA Portal permite a integração com sistemas de PLM (*Product Lifecycle Management*) e MES (*Manufacturing Execution Systems*), promovendo uma abordagem abrangente e interconectada para a gestão do ciclo de vida do produto e da produção (Siemens, 2017).

Outrossim, Neves (2023) destaca que o TIA Portal desempenha um papel central no contexto da automação industrial, sendo amplamente utilizado em diversas etapas do ciclo de engenharia. A plataforma é aplicada no projeto, configuração, programação e operação de equipamentos e sistemas industriais, com aplicabilidade em distintos segmentos, tais como as indústrias alimentícia, química e farmacêutica. Por meio desse ambiente, torna-se viável o monitoramento e controle de variáveis críticas de processo, a exemplo de temperatura, pressão, vazão e nível.

Adicionalmente, o TIA Portal distingue-se por oferecer funcionalidades avançadas de controle, que possibilitam a implementação de lógicas complexas e customizadas, adaptáveis às particularidades de cada processo produtivo. Sua arquitetura permite a automação de praticamente qualquer máquina ou sistema, promovendo uma integração eficaz dos diversos elementos envolvidos. A plataforma também viabiliza o desenvolvimento de soluções específicas de controle, conforme os requisitos operacionais, e a construção de interfaces operacionais por meio de IHMs (Interfaces Homem-Máquina) e sistemas SCADA, garantindo a interação eficiente entre operadores e processos automatizados (Neves, 2023).

De acordo com Totvs (2023), o sistema SCADA opera de forma integrada por meio de três componentes fundamentais: uma rede de comunicação, um conjunto de equipamentos e sensores e um software de supervisão. O principal objetivo desse sistema é oferecer uma interface de alto nível aos operadores, disponibilizando informações em tempo real acerca de eventos críticos no ambiente industrial. Tal estrutura permite o monitoramento e a intervenção operacional no processo produtivo, promovendo uma gestão mais eficiente e centralizada das atividades industriais. Como ilustrado na Figura 10, o SCADA possibilita o controle abrangente de diferentes operações, otimizando a supervisão e a tomada de decisão por parte dos operadores.

Figura 7: Sistema SCADA.



Fonte: Adaptado de Sielco Sistemi, ([202?]).

Conforme destaca Fractal (2022), os dados coletados por meio do sistema SCADA possibilitam o acompanhamento contínuo do desempenho das máquinas, permitindo a identificação antecipada de falhas potenciais e a realização de intervenções proativas pelas equipes de manutenção. Adicionalmente, a funcionalidade de configuração de alarmes e limites operacionais contribui para a detecção precoce de anomalias, aspecto fundamental para a eficácia da manutenção preventiva. Em termos operacionais, o SCADA promove não apenas o aumento da eficiência dos processos industriais, mas também a otimização da gestão da manutenção, resultando na redução do tempo de inatividade não programado e na diminuição dos custos operacionais.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de um projeto de automação para uma linha de beneficiamento de sementes, integrado a um plano de manutenção preventiva inserido em um sistema de controle supervisório e aquisição de dados (SCADA). O projeto será implementado em ambiente de bancada, simulando uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), com os acionamentos automatizados e aquisição de dados voltados à manutenção.

Os objetivos específicos deste trabalho estão enumerados a seguir:

1. Desenvolver um projeto de automação industrial com base no fluxograma do processo produtivo, utilizando o software TIA Portal, da Siemens;
2. Elaborar um plano de manutenção preventiva considerando recomendações de parada baseadas no tempo de operação dos equipamentos;
3. Integrar o sistema de automação e o plano de manutenção ao ambiente SCADA;
4. Realizar simulações em laboratório e gerar dados experimentais para validação do funcionamento do projeto.

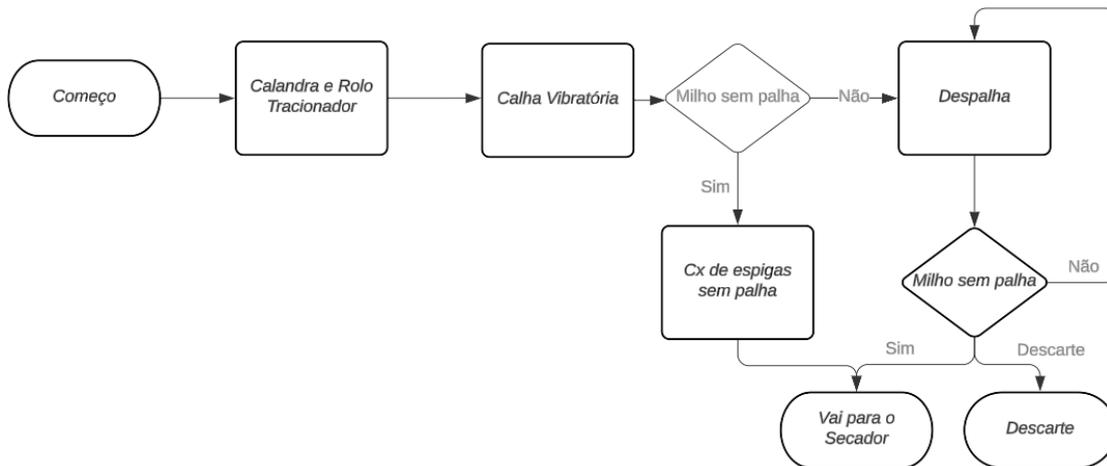
### 4 RESULTADOS

#### 4.1 DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO POR CLP

Para o desenvolvimento de um sistema de automação industrial destinado a uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), é imprescindível compreender o processo de beneficiamento, observando o fluxo produtivo e definindo a sequência de acionamento de cada equipamento da planta industrial. Com esse propósito, foi realizado um levantamento em indústrias que efetuam o beneficiamento de sementes de milho, visando obter um fluxograma produtivo que servirá como referência para a elaboração do projeto de automação.

Com o objetivo de otimizar a organização da planta industrial nos softwares de programação da automação e do sistema SCADA, a produção foi setorizada em três etapas principais: (i) recebimento das sementes; (ii) secagem e debulha; e (iii) classificação e ensaque. A Figura 8 apresenta o fluxograma do processo de beneficiamento de sementes, iniciado pelo recebimento das espigas de milho. Nessa etapa, as espigas são encaminhadas para a despalha, de modo que apenas as espigas sem palha sigam para o secador, elevando a eficiência do processo.

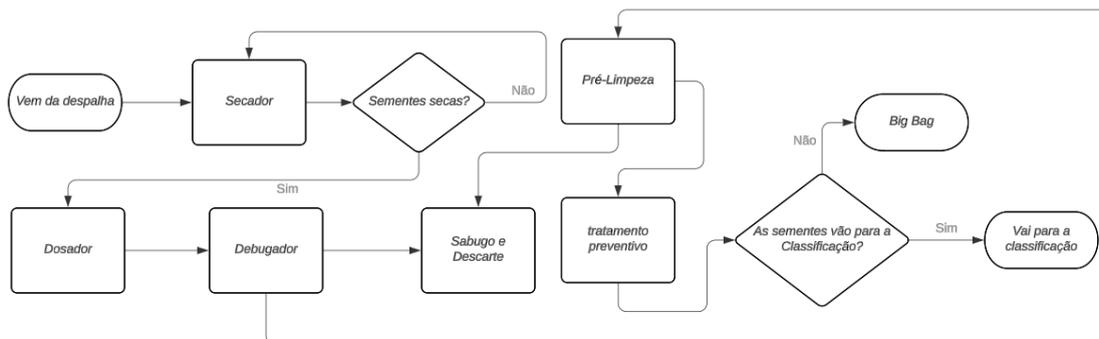
**Figura 08:** Fluxograma do recebimento.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

A Figura 9 dá continuidade ao processo apresentado na Figura 8, exibindo o fluxograma da etapa de secagem das espigas de milho já despalhadas. Em seguida, ocorre o processamento no debulhador, com o objetivo de separar as sementes dos sabugos. Apenas as sementes são direcionadas para a peneira, onde se inicia o processo de classificação dos grãos, enquanto os sabugos são descartados.

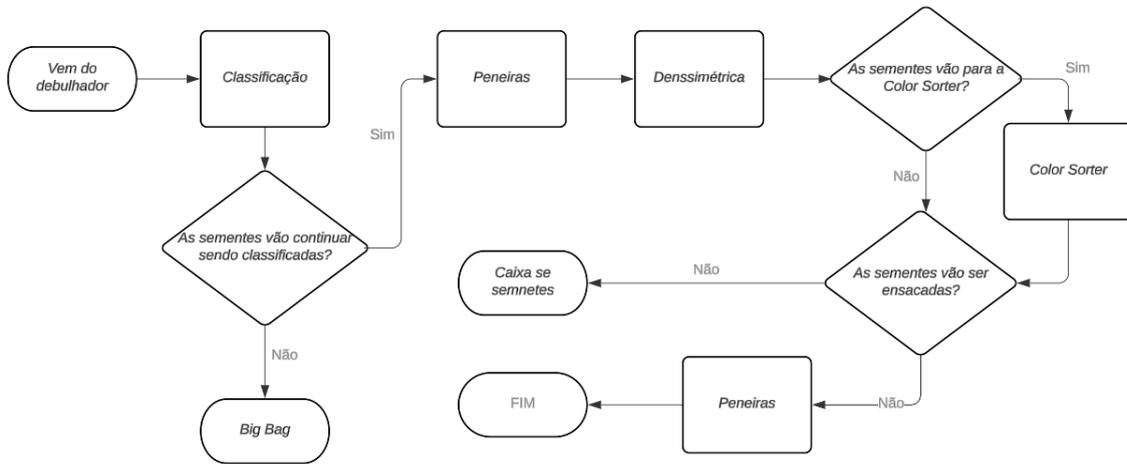
**Figura 9:** Fluxograma do secador e debulhador.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

A Figura 10 apresenta a etapa final do processo, correspondente à classificação dos grãos por meio de peneiras com diferentes calibres e à adição de agentes químicos, conforme o tratamento específico de cada tipo de semente. Após a classificação química, o beneficiamento pode ser encerrado, dependendo da qualidade do grão exigida, ou prosseguir com a classificação na mesa densimétrica, que separa as sementes de acordo com sua densidade. Em seguida, os grãos podem passar pelo *Color Sorter*, equipamento que realiza a classificação por cor. Por fim, as sementes são direcionadas para a caixa de armazenamento ou para o ensaque, concluindo o processo de beneficiamento.

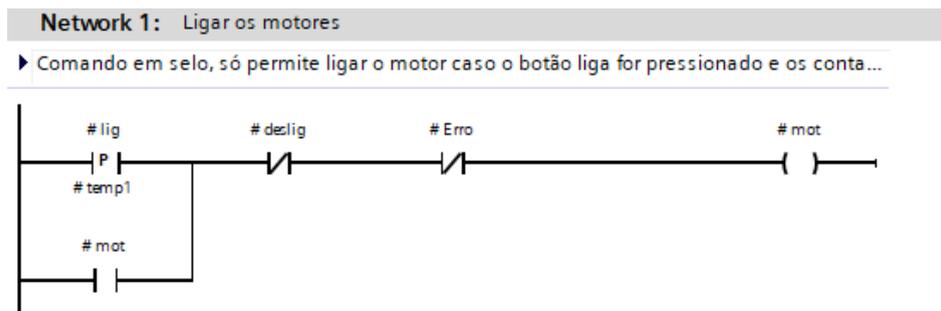
**Figura 10:** Fluxograma do secador e debulhador.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Com o fluxo de produção definido, o passo seguinte consiste na descrição dos motores presentes na planta, estabelecendo nomenclaturas que facilitem a identificação dos equipamentos e agilizem a programação da lógica no software. Em seguida, realiza-se a programação desses motores no TIA Portal, utilizando o CLP Siemens S7-1214C DC/DC/DC, destinado ao processo de beneficiamento das sementes, conforme o fluxograma produtivo. A Figura 11 apresenta parte do diagrama lógico em *Ladder* utilizado no CLP para o controle dos motores. A *Network 1* assegura que o motor somente seja acionado caso o comando de partida seja emitido e todas as condições operacionais estejam normais.

**Figura 11:** Programação *Ladder* dos motores



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

#### 4.2 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

O passo seguinte consiste na elaboração de um plano de manutenção preventiva, considerando o tempo de operação das máquinas desta UBS, conforme as recomendações dos fabricantes. Cada equipamento recebe manutenção de acordo com seu tempo de funcionamento, conforme apresentado no Quadro 1. Além disso, são

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL  
COM SISTEMA SUPERVISÓRIO E PLANO DE MANUTENÇÃO INTEGRADO PARA UMA UNIDADE  
DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES

observados o tipo de atividade executada por cada motor e as respectivas observações de manutenção.

**Quadro 1:** Plano de manutenção por hora de operação.

Atividade	Periodicidade em horas	Observações
Inspeção visual geral do motor	40	Verificar possíveis vazamentos, corrosão ou danos externos.
Verificar nível de ruído e vibração	40	Identificar ruídos anormais ou aumento de vibração.
Limpeza externa do motor	40	Remover poeira, resíduos e partículas acumuladas.
Verificação do aperto de parafusos	150	Certificar-se de que os parafusos de fixação estão firmes.
Lubrificação de mancais e rolamentos	450	Seguir as especificações do fabricante do motor.
Inspeção das conexões elétricas	450	Verificar terminais de cabos e conectores para evitar mau contato.
Medição da corrente elétrica	450	Comparar com os valores de referência fornecidos pelo fabricante.
Verificação do alinhamento com a carga	900	Certificar que o motor está alinhado com o equipamento acionado.
Substituição da graxa dos rolamentos	1800	Usar graxa recomendada pelo fabricante.
Revisão geral do motor	1800	Realizar desmontagem, limpeza e análise interna, se necessário.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

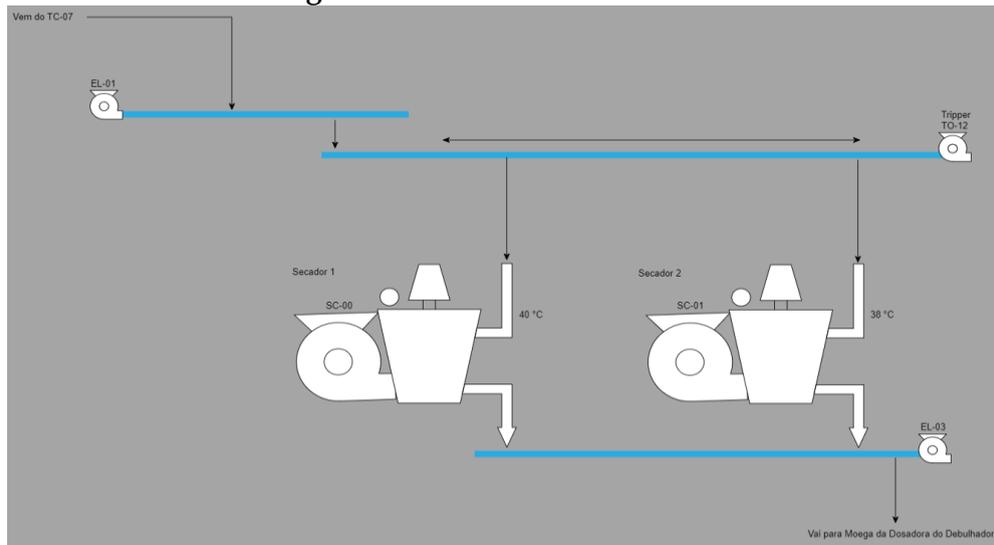
No sistema de automação, é emitido um aviso referente ao período programado para a manutenção de cada máquina. Quando o equipamento atinge esse limite, o sistema gera um alerta, informando o tipo de atividade a ser realizada e sua respectiva descrição, por meio do sistema SCADA. O operador pode optar por adiar a manutenção ou reiniciar a contagem do tempo de operação, caso a intervenção seja executada. Entretanto, caso os avisos para inspeção sejam ignorados, o sistema realizará o bloqueio da máquina.

#### 4.3 DESENVOLVIMENTO DAS TELAS DO SCADA

No TIA Portal, também é realizado o desenvolvimento das telas do sistema supervisório, permitindo o controle centralizado dos motores presentes na planta

industrial, com monitoramento e acionamento de forma interativa e de fácil compreensão, seguindo o fluxograma produtivo estabelecido. A Figura 12 apresenta a tela referente aos secadores de sementes, conforme o fluxograma da UBS. Os motores são acionados por meio de um computador conectado ao CLP, utilizando redes industriais. Além do acionamento, o sistema supervisor realiza a coleta de dados relevantes para a manutenção, como o tempo de operação dos motores, parâmetro essencial para a execução do plano de manutenção preventiva.

**Figura 12:** Tela do sistema SCADA.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

#### 4.4 SIMULAÇÃO EM BANCADA

A simulação em bancada do sistema de automação industrial por meio de CLP tem como objetivo validar a lógica de programação e identificar possíveis falhas antes de sua implementação em ambiente real. Essa prática possibilita ajustes e otimizações no programa do CLP, assegurando que o sistema opere conforme o especificado. Ao integrar um plano de manutenção preventiva ao sistema de supervisão SCADA conectado ao CLP, torna-se viável monitorar em tempo real o desempenho dos equipamentos, detectar anomalias e realizar ações corretivas de forma proativa.

A simulação em bancada contribui para a definição dos parâmetros de monitoramento e alarmes do SCADA. Por meio da reprodução de diferentes cenários de operação e falhas, é possível configurar o sistema de supervisão para emitir alertas precisos e oportunos, auxiliando a tomada de decisão dos técnicos de manutenção.

A Figura 13 apresenta a bancada de automação industrial montada, composta por um CLP Siemens, IHM, módulos de entrada e saída, cabos de conexão e painel de controle. Essa estrutura possibilita a simulação de processos industriais reais, a programação de CLPs, a configuração de IHMs e o diagnóstico de falhas. Por meio dessa simulação, torna-se possível desenvolver e testar o projeto de automação, bem como capacitar profissionais para a manutenção de sistemas industriais.

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL  
COM SISTEMA SUPERVISÓRIO E PLANO DE MANUTENÇÃO INTEGRADO PARA UMA UNIDADE  
DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES

**Figura 13:** Utilização da bancada de automação industrial por CLP.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

A Figura 14 apresenta um aviso de manutenção referente ao motor do elevador localizado no secador. Esse aviso é emitido pelo sistema de automação por meio do SCADA. A atividade de manutenção consiste na medição da corrente elétrica do motor, com o objetivo de verificar seu correto funcionamento. O sistema permite registrar se a manutenção foi executada ou se será adiada.

**Figura 14:** Aviso de manutenção preventiva por tempo de operação.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão deste projeto de desenvolvimento de um sistema de automação industrial, com sistema supervisório e plano de manutenção integrado para uma unidade de beneficiamento de sementes, foi satisfatória, atendendo plenamente aos objetivos inicialmente propostos. O sistema implementado demonstrou eficácia na automação do processo de beneficiamento, desde a recepção das sementes até a obtenção do produto final, assegurando maior produtividade e qualidade. Destaca-se, ainda, a centralização dos acionamentos, que resultou em melhor aproveitamento do tempo, eliminando a necessidade de acionamento manual das máquinas por meio dos painéis distribuídos na planta fabril.

A integração do sistema supervisório SCADA possibilitou o monitoramento em tempo real de todas as etapas do processo, favorecendo a rápida identificação de desvios

e a tomada de decisões assertivas. Além disso, o plano de manutenção preventiva, incorporado ao sistema, contribuiu para a longevidade dos equipamentos e para a confiabilidade do processo, reduzindo paradas não programadas e minimizando perdas de produção.

A implementação desse sistema trouxe benefícios expressivos para a UBS, como o aumento da eficiência operacional, a redução dos custos de produção, a melhoria da qualidade do produto final, o incremento da segurança dos operadores e o maior controle sobre o processo produtivo. Com a automação, foi possível padronizar procedimentos, reduzir a variabilidade dos produtos e atender com maior precisão às demandas do planejamento de produção.

Por fim, o projeto evidenciou a viabilidade e a relevância da automação industrial para o setor de beneficiamento de sementes. A combinação de hardware e software, associada a um planejamento criterioso nas áreas de produção e manutenção, resultou em um sistema eficiente, robusto e escalável, passível de adaptação a diferentes contextos e necessidades. Os resultados obtidos servem como referência para futuras implementações de sistemas de automação em outras unidades de beneficiamento, contribuindo para o avanço e a modernização do setor.

## REFERÊNCIAS

ABB. **Linguagem Ladder**: principais fundamentos. ABB. 2022. Disponível em: <https://loja.br.abb.com/blog/post/linguagem-ladder-principais-fundamentos>.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade – instalações elétricas. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial**: Princípios Técnicos e Operações. [S. l.]: Editora Saraiva, 2016.

BAYER, Fernando Mariano; ECKHARDT, Moacir; MACHADO, Renato. **Automação de Sistemas**. Santa Maria: E-tec Brasil, 2011.

CORMEN, Thomas H., LEISERSON, Charles E., RIVEST, Ronald L., STEIN, Clifford. **Algoritmos**: Teoria e Prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

FELGUEIRAS, Carlos Alberto. **Organização Estruturada de Computador**: nível da lógica digital - Parte I. 2003.

FERRARI, Fabricio; CECHINEL, Cristian. **Introdução a algoritmos e programação**. Bagé: Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, 2008. Disponível em: <https://lief.if.ufrgs.br/pub/linguagens/FFerrari-CCechinel-Introducao-a-algoritmos.pdf>.

FRACTTAL. **A transformação digital na manutenção**. 2022. Disponível em: <https://www.fractal.com/pt-br/blog/transformacao-digital-na-manutencao>.

FUJISAWA, Cassio H. *et al.* **Instrumentação e Automação Industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2022. Ebook. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902081>.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SILVEIRA, Aline M. **Manutenção industrial**. [S. l.]: Grupo A, 2018.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial**: Série Brasileira de Tecnologia. [S. l.]: Editora Saraiva, 2000.

NEVES, Dayane. **TIA Portal SIEMENS**: o que é para que serve. 2023. Disponível em: <https://inetec.com.br/tia-portal-siemens-o-que-e-para-que-serve/>.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis**. 4. ed. [S. l.]: Grupo A, 2014.

REVISTA FERRAMENTAL. **Automação industrial**: o que é, benefícios e tecnologias. 2022. Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/artigo/automacao-industrial-o-que-e-beneficios-e-tecnologias/>.

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial**. Santa Maria: Rede E-Tec Brasil, 2016. 102 p. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06\\_automacao\\_industrial.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06_automacao_industrial.pdf).

SCHNEIDER ELECTRIC. **Softwares de automação industrial**. [202?]. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product-category/5100-softwares-de-automacao-industrial/?filter=business-1-automacao-e-controle>.

SELEME, R. **Manutenção industrial**: mantendo a fábrica em funcionamento. Curitiba: Intersaberes, 2015.

SIELCO SISTEMI. **O que é SCADA**. [202?]. Disponível em: <https://www.sielcosistemi.com/pt/o-que-é-scada.html>.

SIEMENS. **Imprensa**: Siemens apresenta novidades do TIA Portal V15. 2017. Disponível em: <https://www.siemens.com/br/pt/empresa/release/siemens-apresenta-novidades-do-tia-portal-v15.html>.

TOTVS. **Entenda o que é SCADA e o seu papel dentro da indústria**. 2023. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/scada/>