

PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE UMA UNIDADE DE SUPORTE À CLASSIFICAÇÃO DE SEMENTES

Gabriel Henrique Springer, Orientador Tális Piovesan
Instituto Federal Farroupilha, Panambi – RS, Brasil
e-mail: gabrielhenriquespringer@hotmail.com
talis.piovesan@iffarroupilha.edu.br

Resumo – Este trabalho foi desenvolvido em uma Unidade Beneficiadora de Sementes (UBS), onde o processo manual de enchimento de *Bag's* apresenta riscos de segurança, variações no peso final, baixa eficiência e elevado consumo de tempo. Para superar essas limitações, implementou-se um sistema automatizado utilizando CLP, sensores de nível, células de carga e atuadores responsáveis pelo controle do fluxo de material e movimentação dos carrinhos. A solução também integra rotinas de intertravamento e segurança, garantindo o desligamento automático em condições anormais. Como resultado, o processo tornou-se mais preciso, seguro e padronizado, com significativa redução do tempo de operação, aumentando a produtividade e a eficiência do processo.

Palavras-Chave – *Automação pós-colheita, Beneficiamento de sementes, Segurança, Seleccionadora de grãos.*

SEED PROCESSING UNIT AUTOMATION

Abstract – This work was carried out in a Seed Processing Unit (UBS), where the manual Big Bag filling process presents safety risks, variations in final weight, low efficiency, and high time consumption. To overcome these limitations, an automated system was implemented using a PLC, level sensors, load cells, and actuators responsible for controlling material flow and cart movement. The solution also integrates interlock and safety routines, ensuring automatic shutdown under abnormal conditions. As a result, the process became more accurate, safer, and standardized, with a significant reduction in operating time, increasing productivity and overall process efficiency.

Keywords – *Automation, Programmable Logic Controller, Safety, Sorter.*

I. INTRODUÇÃO

Segundo informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na safra de 2022/23, o Brasil alcançou uma produção de 154.566,3 milhões de toneladas de soja [1]. Essa produção foi obtida através de uma área plantada de 44.062,6 milhões de hectares, mostrando assim que o Brasil é um dos principais produtores de soja do mundo. Esse resultado é fruto da tecnologia agrícola avançada, clima favorável e do conhecimento dos

agricultores brasileiros na produção desse grão, que desempenha um papel fundamental na economia nacional [1].

A indústria de beneficiamento de sementes desempenha um papel muito importante na agricultura, fornecendo sementes de alta qualidade que são essenciais para garantir o sucesso das colheitas [2]. No entanto, para manter a competitividade e a eficiência nesse setor, é necessário adotar tecnologias de automação industrial que otimizem os processos de seleção de sementes. A eficiência e a segurança são fatores cruciais em qualquer processo industrial, e o beneficiamento de sementes em uma selecionadora eletrônica de grãos Seletron da empresa fabricante Kepler Weber não é exceção [3]. Nesse contexto, o sucesso do processo de seleção de sementes depende de uma série de equipamentos que envolvem a alimentação e descarga da selecionadora. No entanto, é importante notar que muitas dessas operações são conduzidas manualmente, com operadores supervisionando de perto o processo.

Essa abordagem manual implica a necessidade de quatro operadores para controlar o fluxo de sementes, abrir e fechar registros de descarga, ligar e desligar o elevador de alimentação da selecionadora, além de remover os sacos de sementes com o auxílio de uma empilhadeira embaixo do mezanino da máquina. Embora essa metodologia tenha sido eficaz por um tempo, ela não atende mais às expectativas e demandas das unidades de beneficiamento de grãos.

Um dos principais problemas associados a esse processo manual é o risco de acidentes. Sem a automação adequada, os colaboradores ficam expostos a situações potencialmente perigosas. Como por exemplo, o trabalho realizado próximo a empilhadeiras que retiram os *bag's* de semente, não respeita a zona de perigo descrita na NBR 12, podendo assim acarretar em acidentes. Além da zona de perigo, a NBR 12 cita que operadores que operam em áreas de risco devem receber treinamentos adequados para estarem cientes das formas de prevenção de acidentes. Então, com o uso da automação industrial, com a utilização de sensores de barreira e controladores lógico programáveis (CLP) essas exigências são minimizadas [4]. Além disso, a operação manual pode ser mais lenta e menos eficiente, afetando o rendimento da produção.

É fundamental considerar a automação como uma solução viável para melhorar tanto a segurança dos trabalhadores quanto a eficiência do processo de seleção de sementes. Ao abordar essas preocupações, é possível otimizar o fluxo de beneficiamento de sementes, tornando-o mais eficiente e seguro para todos os envolvidos.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um sistema de automação industrial voltado às

necessidades específicas de uma unidade de beneficiamento de sementes. A realização deste projeto justifica-se pela necessidade de aprimorar a segurança operacional, reduzir os riscos de acidentes e otimizar a eficiência dos processos produtivos. Dessa maneira, busca-se implementar uma solução automatizada que integre sensores, atuadores e controladores lógicos programáveis (CLPs), possibilitando o controle eficiente das etapas de alimentação, seleção e descarga de sementes. Por consequência, almeja-se alcançar ganhos significativos em produtividade, redução do número de operadores necessários, diminuição de custos operacionais e redução de falhas humanas, promovendo, assim, um ambiente de trabalho mais seguro e padronizado.

Para o alcance desses objetivos, torna-se fundamental compreender as tecnologias atualmente empregadas na classificação de sementes, as quais serão abordadas no capítulo a seguir.

II. TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA CLASSIFICAÇÃO DAS SEMENTES

A tecnologia de seleção eletrônica de grãos é amplamente utilizada em processos de beneficiamento, especialmente em sementes de alto valor agregado, como a soja. No mercado, destacam-se fabricantes como Bühler e Kepler Weber, ambas reconhecidas pela confiabilidade e eficiência de seus equipamentos. A empresa Bühler, de origem suíça, é referência mundial em soluções industriais e possui a linha Sortex, que emprega câmeras multiespectrais e sistemas de visão avançada capazes de identificar defeitos com extrema precisão. A Figura 1 apresenta uma imagem ilustrativa da selecionadora Bühler. Apesar de oferecer resultados de alta performance, os equipamentos da marca apresentam custo de aquisição e manutenção mais elevados, em função da tecnologia importada, da necessidade de suporte técnico especializado e da disponibilidade de peças predominantemente internacionais [5].



Fig. 1. Selecionadora Sortex Bühler. Fonte: Bühler Group (2025)

Por outro lado, a Seletron, marca pertencente à Kepler Weber, destaca-se como uma alternativa mais acessível e

igualmente eficiente, desenvolvida para atender às condições e demandas do mercado brasileiro. Seu sistema proporciona excelente precisão na identificação de impurezas e grãos defeituosos. Além disso, a produção nacional e a ampla rede de assistência técnica no Brasil reduzem significativamente os custos de manutenção e o tempo de parada por falta de peças, tornando o investimento mais rentável e sustentável a longo prazo. Assim, embora ambas as marcas apresentem elevado padrão tecnológico, a Seletron que está sendo ilustrada na Figura 2 se sobressai pelo melhor custo-benefício e pela adequação ao contexto produtivo nacional, sendo uma escolha economicamente mais vantajosa sem comprometer a qualidade do processo de seleção, conforme os dados do Quadro 1. O referido quadro apresenta uma comparação entre as principais características técnicas e econômicas das empresas Bühler e Kepler Weber, evidenciando os fatores que justificam a adoção da tecnologia Seletron neste estudo[6].

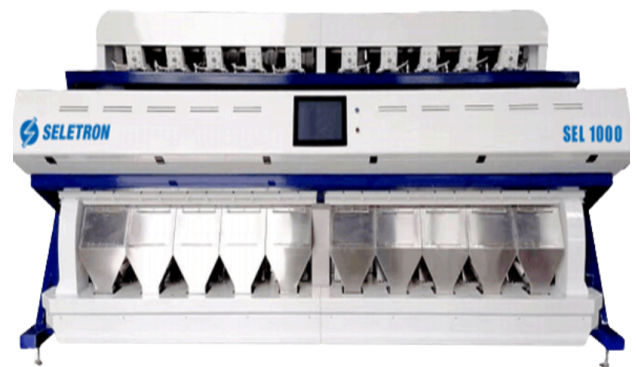


Fig. 2. Selecionadora Seletron Kepler Weber. Fonte: Kepler Weber (2025)

A Seletron oferece uma gama de modelos de máquinas que varia de 1 a 10 bandejas, permitindo uma capacidade de seleção que abrange de 2 a 20 toneladas por hora de produto. Na unidade em estudo, está sendo utilizado um modelo SEL 1000 M, que tem a capacidade de selecionar até 20 toneladas por hora de soja. De acordo com a empresa, a principal característica da máquina é o seu sistema *Full Color*, que tem a capacidade de identificar até 16 milhões de cores, permitindo uma seleção precisa dos grãos. Essa precisão é crucial para melhorar o valor do produto, assegurando que apenas os grãos de alta qualidade sejam selecionados. Portanto, o sistema *Full Color* é uma característica que contribui para a qualidade do processo de seleção[7].

Quadro 1 - Quadro comparativo entre duas empresas que fornecem equipamentos para a classificação de sementes atuantes no mercado brasileiro. Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com base em informações extraídas de [5] e [7].

Descrição	Buhler (SORTEX)	Seletron (Kepler Weber)	Diferença / Observações
Custo de aquisição	R\$ 260.000,00	R\$ 180.000,00	~30% mais barata

Capacidade de processamento	20 t/h	20 t/h	Mesma faixa de operação
Custo anual de manutenção	R\$ 30.000,00	R\$ 15.000,00	Seletron possui assistência nacional
Tempo de parada média anual (por falta de peças ou suporte)	20 h	10 h	Seletron tem disponibilidade de local de peças
Custo estimado por hora parada	R\$ 500,00	R\$ 500,00	Estimado para perdas de produção
Perda anual por paradas	R\$ 10.000,00	R\$ 5.000,00	Redução de 50% com Seletron
Ganho adicional em rendimento do produto selecionado	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00	Igual rendimento
Economia operacional anual total	-	R\$ 25.000,00	(Redução de manutenção + menor parada)
Diferença de investimento	-	R\$ 80.000,00 menor	Comparado à Bühler
Payback do investimento Seletron (diferença)	-	3,2 anos / safras	(R\$ 80.000 - R\$ 25.000)

Cada bandeja da selecionadora é equipada com um sistema de vibração que controla a vazão dos grãos de soja durante o processo de seleção. Assim, à medida que o grão de soja passa pela calha de vibração, ele desliza pela bandeja, o que permite à máquina realizar a leitura dos grãos. Esse sistema de vibração e deslizamento é fundamental para o funcionamento eficiente da selecionadora, pois ajuda a posicionar os grãos de forma que possam ser analisados e separados com precisão nas características desejadas.

Conforme ilustrado na Figura 3, após o sistema *Full Color* identificar o grão defeituoso, processo que ocorre a partir da captura de até 2 mil imagens por segundo, um mecanismo de ejeção pneumática é ativado, resultando na expulsão do grão com defeito. A selecionadora utiliza a tecnologia *Field*

Programmable Gate Array (FPGA), responsável por realizar o processamento paralelo e em alta velocidade das imagens obtidas pelas câmeras. Esse dispositivo permite que os dados sejam analisados em tempo real, identificando variações de cor, formato e padrão de cada grão. A partir dessa análise, o FPGA envia o comando ao sistema de ejeção pneumática com extrema precisão temporal, garantindo que apenas o grão defeituoso seja removido do fluxo. O grão desviado pelo jato de ar é direcionado para uma saída separada daquela destinada aos grãos selecionados. Essa saída separada é onde os grãos com defeito são coletados, formando o resíduo do processo de seleção. Essa separação eficaz dos grãos com defeito dos grãos de alta qualidade é fundamental para garantir a pureza e a qualidade do produto final [7].

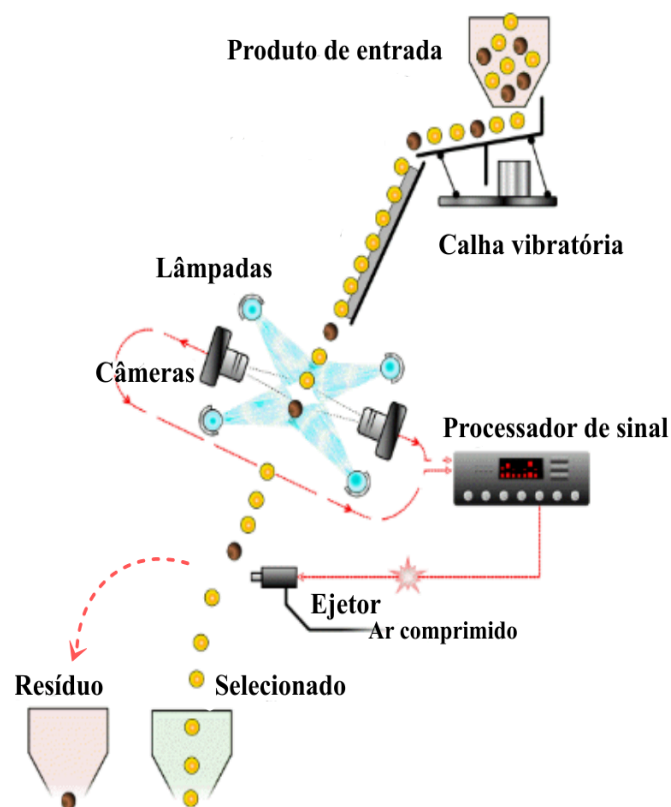


Fig. 3. Sistema de separação das sementes.

Os produtos selecionados e os resíduos são recolhidos em sacos, também conhecidos como *bag's*, que serão destinados posteriormente para a comercialização como um produto de maior valor agregado, como semente, ou para a fabricação de ração de animais, no caso dos resíduos.

III. PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SEMENTES DESATUALIZADO

A seguir, será descrito o processo de seleção realizado pela selecionadora Seletron. Para início de operação, o grão de soja de entrada, que não foi selecionado, é descarregado em uma tulha. Este grão não selecionado é posteriormente alimentado no elevador de corrente, que por sua vez a transfere para a tulha da selecionadora, visto na Figura 4.

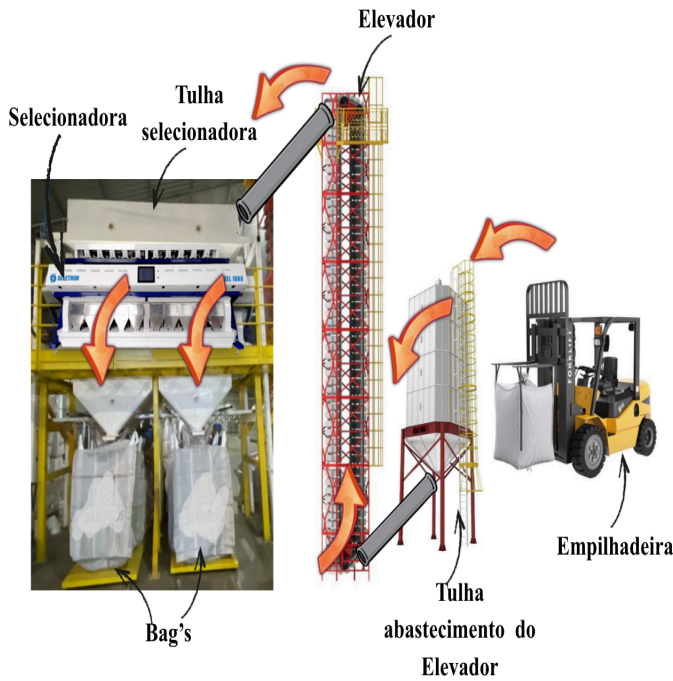


Fig. 4. Fluxo de sementes.

O processo de classificação das sementes completo, desde a movimentação do produto de entrada até o mesmo ser destinado ao estoque após a seleção, pode ser visualizado no fluxograma da Figura 5.

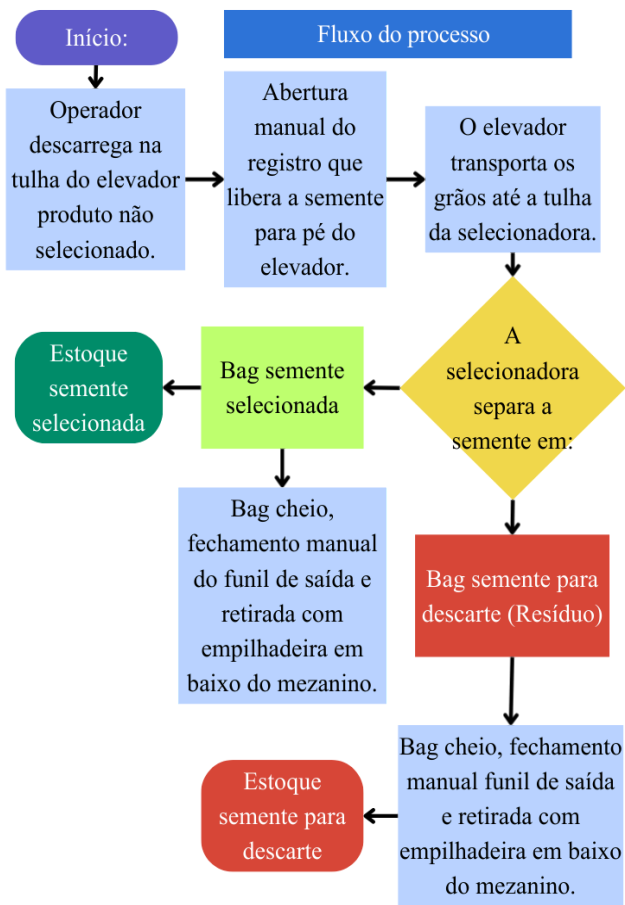


Fig. 5. Fluxo do processo.

Assim, a Figura 6 e a Figura 7 ilustram o resultado da classificação das sementes.



Fig. 6 - Produto selecionado.



Fig. 7. Resíduo.

Quando os *bag's* estão cheios, eles são recolhidos usando uma empilhadeira, no entanto, esse processo requer que dois colaboradores fechem o registro do funil de saída da máquina e engatem as alças do *bag* nos garfos da empilhadeira embaixo do mezanino, onde a selecionadora fica suspensa.

Observou-se que esse procedimento é trabalhoso e representa riscos para a integridade física dos colaboradores, como o esmagamento devido à possibilidade de os trabalhadores ficarem presos entre a empilhadeira e outras estruturas; colisão entre a empilhadeira e os colaboradores ou os *bags*; inalação de poeira proveniente do manuseio de produtos em pó; atropelamento, caso não haja sinalização adequada ou os trabalhadores estejam em áreas de risco durante o movimento da empilhadeira; e ergonomia inadequada, pois os colaboradores precisam se posicionar de forma desconfortável e realizar movimentos forçados, o que pode resultar em lesões musculoesqueléticas ao longo do tempo.

IV. DIRETRIZES DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO

Diante dos desafios identificados no processo manual de beneficiamento de sementes, incluindo riscos ocupacionais, baixa eficiência produtiva e padronização limitada, propõe-se a implementação de um sistema de automação industrial. A solução consiste em integrar controladores lógicos programáveis (CLPs), sensores, atuadores e Interfaces Homem-Máquina (IHMs) de forma a automatizar o fluxo de sementes, controlar o funcionamento da selecionadora e garantir a segurança dos operadores. Essa abordagem

permitirá otimizar a movimentação, alimentação e descarga de sementes, reduzir a necessidade de intervenção manual em áreas de risco e padronizar as operações, assegurando maior produtividade e conformidade com as normas técnicas vigentes. Para ilustrar o funcionamento desse sistema e a tomada de decisões realizada pelo CLP, a Figura 8 apresenta o esquema simplificado do fluxo de sinais entre sensores, CLP e atuadores, evidenciando como as informações são processadas e convertidas em ações dentro do projeto de automação.

Além disso, serão utilizados dois carrinhos responsáveis pelo transporte dos bag's, deslocando-se sobre trilhos por meio de quatro rolamentos que garantem baixo atrito e estabilidade de movimento. O acionamento desses carrinhos será realizado por um motor elétrico comandado por um inversor de frequência, permitindo controle preciso de velocidade, suavidade no arranque e adequação às demandas operacionais do processo.

A escolha do conjunto motor-inversor foi definida a partir do dimensionamento mecânico necessário para deslocar um carrinho de 1 tonelada em pista plana, com velocidade de 1,0 m/s e aceleração aproximada de 0,3 m/s². Sob essas condições, a potência mecânica requerida situa-se entre 0,4 e 0,6 kW. Considerando fatores de segurança, perdas no sistema e a necessidade de torque adequado em baixas rotações, optou-se pela utilização de um motor entre 0,75 kW e 1,0 kW, sendo adotado no projeto um motor de 0,75 kW acoplado a um redutor e acionado por um inversor de frequência, assegurando desempenho confiável e operação eficiente.

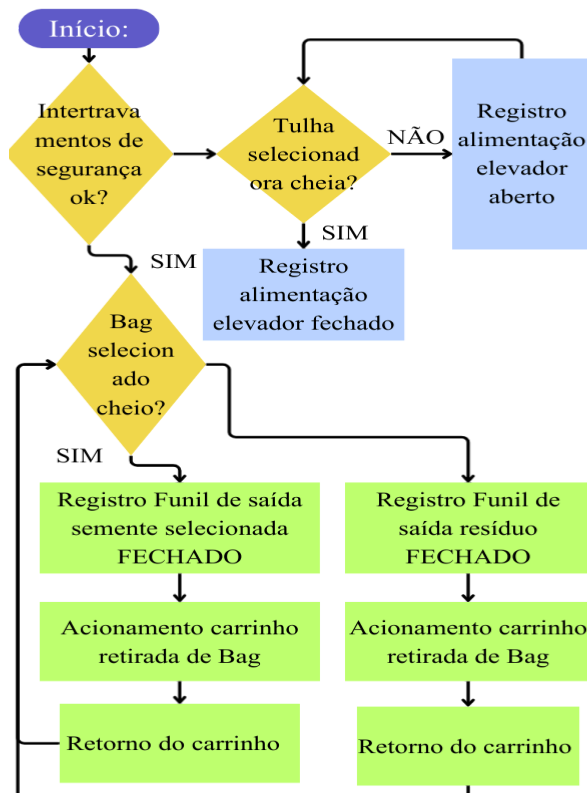


Fig. 8. Tomada de decisões.

Com o propósito de otimizar a eficiência produtiva e, ao mesmo tempo, melhorar a segurança dos funcionários, é necessário implementar um abrangente projeto de automação. Este projeto pode viabilizar melhorias significativas, além de resultar na redução do número de colaboradores.

Essa abordagem visa assegurar uma gestão mais eficiente e assertiva, resultando em benefícios positivos para a empresa. Cabe destacar que, ao incorporar essa automação, o projeto tem como objetivo primordial garantir a segurança dos funcionários, reduzindo a ocorrência de acidentes e proporcionando um ambiente de trabalho mais protegido e controlado.

Os dispositivos a serem empregados no projeto são:

- CLP: Um dispositivo capaz de receber informações provenientes de diversos sensores, e assim desempenha um papel crucial ao interpretar esses sinais, assim assumindo o comando integral sobre as ações dos equipamentos e atuadores envolvidos no processo produtivo. Para a realização do projeto foi escolhido o CLP Schneider TWDLCE40DRF faz parte da linha Twido da Schneider Electric, projetada para automação industrial de pequeno e médio porte, o mesmo atenderá as necessidades do projeto[8].
- IHM: Consiste em uma tela sensível ao toque que capacita o operador a enviar comandos para o CLP e a monitorar o processo, verificando se tudo está em conformidade. Como modelo de IHM para o projeto optou-se por uma Schneider Harmony ST6, a mesma possui facilidade na comunicação com o CLP da linha Twido, esse fator contribui significativamente para essa escolha[9].
- Sensor Capacitivo: Para a detecção de *Big Bags* brancos em um sistema automatizado, um sensor capacitivo é a escolha ideal devido à sua capacidade de identificar materiais não metálicos, como tecidos e plásticos, independentemente da cor ou textura. Um modelo adequado para essa aplicação é o Sensor Capacitivo Schneider Electric XT218A1PAL2, o mesmo oferece grau de proteção IP67 que é resistência contra poeira e imersão temporária em água, possui uma saída normalmente aberta o que facilita a integração com o CLP. Esse sensor será posicionado estrategicamente para detectar a presença do *Big Bag* branco no ponto correto. Assim que o sensor identificar o material, ele enviará um sinal ao CLP, acionando o avanço do carrinho para a próxima etapa do processo. Adicionalmente, o mesmo sensor capacitivo também atuará para detectar quando a tulha superior a selecionadora estiver cheia, garantindo maior confiabilidade e automação no controle do sistema[10].
- Chave fim de curso com Roldana INA+1NF XCKN2145G11: Esse modelo de chave será responsável por identificar o momento em que o carrinho, responsável pelo deslocamento do *bag*, alcançar o final do percurso no trilho, na posição de retirada do *bag*, e também verificar quando o

carrinho retorna à posição inicial. Esse modelo foi escolhido pois oferece confiabilidade na detecção de movimentos. Sua configuração com contatos normalmente aberto e normalmente fechado proporciona versatilidade na integração com diferentes sistemas, permitindo a atuação tanto para abertura quanto para fechamento de circuitos conforme a necessidade da aplicação. O grau de proteção IP65 reforça sua capacidade de operar em locais expostos à poeira e umidade, tornando-o adequado para aplicações que exigem alta durabilidade[11].

- Sensor de barreira: O sensor de barreira desempenha a função de monitorar sempre que alguém ultrapassar o limite predefinido considerado seguro. Sempre que algo interrompe seu sinal, o sensor envia um sinal para o CLP, que realiza a parada do equipamento. Uma opção adequada é a Barreira de Luz Schmersal SLB 240. Essas barreiras são compactas e possuem um módulo de avaliação integrado, eliminando a necessidade de módulos externos e facilitando a integração direta com o CLP[12].
- Atuador pneumático de duplo efeito: Ativado através de ar comprimido, ele irá realizar a abertura e fechamento dos registros do controle de fluxo, controlando assim o fluxo de grãos, sendo empregado tanto na alimentação do elevador (pé do elevador) quanto no funil de saída da tulha de ensaque dos grãos. Para comandar o atuador, será empregada uma válvula direcional 5/2 vias com duplo solenóide, integrada ao CLP. Essa configuração permitirá que o controlador envie sinais elétricos para alternar a posição da válvula, direcionando o fluxo de ar comprimido para estender ou retrair o cilindro pneumático, abrindo ou fechando o registro de grãos conforme a necessidade do processo[13].
- Célula de carga: Para a medição de peso nos carrinhos transportadores, foi selecionada a célula de carga tipo *beam Z6* (HBM), devido à sua precisão, robustez e compatibilidade com aplicações industriais de até 1 tonelada. A Z6 utiliza tecnologia *strain gauge* e possui corpo em aço inoxidável, fole metálico hermético e grau de proteção IP68, garantindo operação confiável em ambientes com poeira e umidade. A célula apresenta classes de precisão até C6 (OIML), comportamento estável sob cargas descentralizadas e conexão elétrica de 6 fios, que compensa variações de resistência no cabo. A versão de 1 t foi adotada neste projeto por atender à capacidade máxima dos carrinhos, permitindo leitura precisa do peso dos bag's e integração adequada ao sistema de automação por meio de condicionador de sinal compatível[14].
- Sensor de temperatura: Para o monitoramento térmico dos mancais do elevador, foi selecionado o sensor de temperatura modelo ATO-CWDZ05M, adequado para aplicações industriais de média e alta temperatura. O dispositivo opera na faixa de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$

a $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando elemento sensor Pt100 ou saída digital, garantindo elevada estabilidade e precisão de até 0,25% FS. O conjunto possui tubo de inserção em aço inoxidável 304, disponível em múltiplos comprimentos, permitindo instalação direta no mancal sem comprometer a integridade mecânica. Apresenta resolução de $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, tempo de resposta rápido ($\approx 400\text{ ms}$) e estabilidade de $\pm 0,1\%$ FS/ano, características que asseguram leitura confiável para proteção térmica do equipamento. Seu corpo em ABS de engenharia suporta operação contínua até $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo adequado para ambientes industriais típicos de unidades de beneficiamento[15].

V. PROJETO DO SISTEMA AUTOMATIZADO

Para garantir o funcionamento do sistema automatizado, é fundamental compreender a posição e a função de cada sensor, bem como a forma como esses dispositivos se comunicam com o CLP e os atuadores. A Figura 9 ilustra de maneira simplificada o fluxo de informações dentro do projeto, evidenciando como os sinais de tensão e corrente enviados pelos sensores são interpretados pelo CLP e transformados em ações práticas pelos atuadores, sempre com o suporte da IHM para interação com o operador.

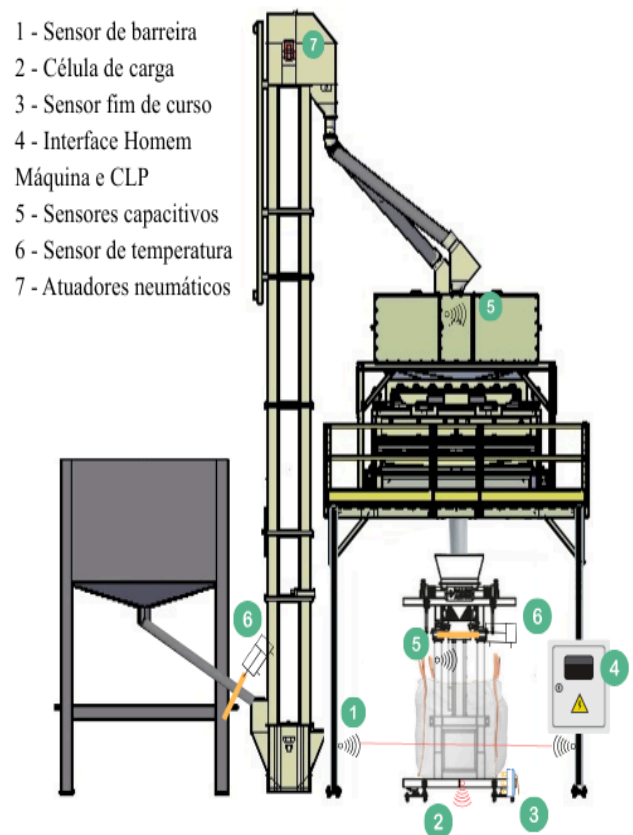


Fig. 9. Posicionamento dos sensores.

Utilizando o Zelio Soft, foi programado o Controlador Lógico Programável (CLP) para integrar diversos sensores e atuadores, otimizando a operação da nossa unidade. O Zelio

Soft é um software desenvolvido pela Schneider Electric, utilizado para programar Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). Possui recursos de simulação para testar programas antes da implementação, facilita a configuração de entradas e saídas para integração de sensores e atuadores[16].

A) Comunicação entre sensores, CLP e atuadores:

A comunicação entre os sensores, o CLP e os atuadores pode ser explicada da seguinte forma. Cada sensor atua como um mensageiro, transmitindo informações em forma de sinais elétricos, que podem ser de tensão (24V DC) ou de corrente (4–20 mA), de acordo com a aplicação.

- Sinais digitais (tensão): Funcionam como mensagens binárias, “ligado” ou “desligado”. É como acender ou apagar uma lâmpada: quando o sensor detecta a condição programada (ex.: presença do *Bag*, na posição final do carrinho ou passagem interrompida na barreira de luz), ele envia 24V ao CLP. A ausência de tensão representa a condição contrária.
- Sinais analógicos (corrente): Ao contrário dos digitais, variam continuamente. O intervalo de 4 a 20 mA funciona como o tom de voz de uma conversa: valores próximos de 4 mA indicam o estado mínimo (peso vazio na célula de carga, temperatura baixa no mancal), enquanto valores próximos de 20 mA correspondem ao máximo (*bag* cheio, temperatura elevada). Essa variação permite ao CLP interpretar condições intermediárias, ajustando o processo com precisão.
- CLP como intérprete: O CLP Schneider TWDLCE40DRF recebe essas mensagens elétricas, interpreta os sinais e, com base no programa desenvolvido no Zelio Soft, decide as ações necessárias para manter a operação dentro dos parâmetros estabelecidos[17].
- Atuadores como executores: Após o processamento, o CLP envia sinais de saída, em tensão, para motores, válvulas solenóides e atuadores pneumáticos. Esses dispositivos funcionam como os “braços” do sistema, executando ações como mover carrinhos, abrir registros ou regular o fluxo de grãos.
- IHM como mediador humano: A IHM atua como elo entre os operadores e o sistema. Ela traduz os sinais em informações visuais (nível dos *bags*, temperatura, alarmes), permitindo monitoramento em tempo real e possibilitando comandos manuais, se necessário.

B) Entradas:

Os dados de entrada, apresentados no Quadro 2, correspondem aos dispositivos responsáveis por fornecer informações ao CLP, essenciais para o monitoramento e

controle do processo automatizado. As entradas do sistema compreendem sensores digitais e analógicos que acompanham variáveis como o nível da tulla, o peso dos *bag's*, a temperatura dos mancais e as barreiras de segurança. Esses sinais são fundamentais para o controle automático, pois permitem que o CLP interprete o estado atual da planta e execute as ações de comando necessárias para assegurar o funcionamento seguro e eficiente do sistema.

Quadro 2 -Entradas CLP.

Endereço	Nome	Tipo	Função
%I1	Start	NA	Inicia o ciclo automático
%I2	Barreira_Segurança	NF	Intertravamento geral
%I3	Tulha_Nivel_Alto	NA	Fecha registro do elevador
%I4	Presença_bag	NA	Detecta presença do bag
%I5	Reset_Alarm	NA	Zera alarmes
%I6	Fim_curso	NA	Fim de curso do carrinho
%A1	Célula_Bag_Selecionado	Analógico	nível bag 0–10 V = 0–1 ton
%A2	Célula_Bag_Resíduo	Analógico	nível bag 0–10 V = 0–1 ton
%A3	Temperatura mancal	Analógico	0–10 V = 0–100 °C

C) Saídas:

Os dados de saída, apresentados no Quadro 3, referem-se aos dispositivos responsáveis por executar as ações determinadas pelo CLP, com base nas informações recebidas das entradas. As saídas do sistema são compostas por motores, válvulas solenóides, registros pneumáticos e sistemas de acionamento que realizam funções como movimentar, abrir, fechar ou regular componentes do processo. Esses elementos convertem os sinais elétricos de comando em ações físicas, assegurando que o sistema opere conforme a lógica programada e mantenha a eficiência e segurança durante todo o ciclo de funcionamento.

Quadro 3 Saídas CLP.

Endereço	Nome	Função
%Q1	Reg1_Abrir_Elevador	Abertura do registro do elevador 1
%Q2	Reg1_Fechar_Elevador	Fechamento do registro 1
%Q3	Reg_Fechar_Bag_selecionado	Fechamento do registro selecionado
%Q4	Reg_Fechar_Bag_resíduo	Fechamento do registro resíduo
%Q5	Carrinho_Acionar 1	Movimenta o carrinho 1
%Q6	Carrinho_Acionar 2	Movimenta o carrinho 2
%Q7	Alarme	Luminoso/Sonoro em falhas (barreira, temperatura, etc.)

D) Blocos de operações lógicas:

Os blocos de operações lógicas, apresentados no Quadro 4, representam as operações utilizadas pelo CLP no controle do sistema. Esses blocos são responsáveis por processar os sinais provenientes das entradas e gerar as ações de saída correspondentes, de acordo com as condições e regras definidas no programa de automação. Dessa forma, garantem o funcionamento coordenado e eficiente do processo, assegurando que cada etapa ocorra conforme a lógica estabelecida.

Quadro 4 - Blocos lógica CLP.

Bloco	Entrada	Setpoint	Saída lógica
CMP1	%A1	$\geq 1 \text{ ton } (\approx 5 \text{ V})$	BagSel_Cheio
CMP2	%A2	$\geq 1 \text{ ton } (\approx 5 \text{ V})$	BagRes_Cheio
CMP3	%A3	$\geq 70 \text{ }^\circ\text{C } (\approx 7 \text{ V})$	Temp_Alta

E) Lógica geral do sistema:

A seguir, apresenta-se a lógica de funcionamento do sistema, descrevendo de forma objetiva as condições de operação, intertravamentos e sequências de acionamento que compõem o processo. As etapas abaixo mostram como o sistema inicia, controla o fluxo de material, realiza a pesagem dos bags e aplica o intertravamento de segurança.

1. Start (%I1) habilita o ciclo se o sensor de barreira e sensores NF OK.

→ Ativa %Q1 (Abrir Registro Elevador 1).

2. Quando Tulha_Nivel_Alto (%I3) abre (nível atingido):
→ Fecha %Q2 (Registro Elevador 1).
3. Materiais descem para os bags:
 - A1 e A2 monitoram o peso.
 - Quando Bag_Sel $\geq 1 \text{ ton}$, fecha Registro (%Q3).
 - Quando Bag_Res $\geq 1 \text{ ton}$, fecha Registro (%Q4).
4. Fechando Registro Selecionado → ativa Carrinho1 (%Q5) por 10 s, depois desliga automaticamente (temporizador TON).
5. Fechando Registro Resíduo → ativa Carrinho2 (%Q6) por 10 s, depois desliga automaticamente (temporizador TON).
6. Se Barreira aberta ou Temperatura $\geq 70 \text{ }^\circ\text{C}$,
→ desativa todas as saídas e ativa Alarme (%Q7).
7. Reset (%I5) limpa alarme e libera o sistema.

F) Programação do CLP:

A seguir, apresenta-se a programação desenvolvida no Zelio Soft, responsável pela implementação da lógica de controle do sistema. Essa programação define as condições e intertravamentos que coordenam o funcionamento automático dos equipamentos envolvidos. Na Figura 10, é possível observar o início do processo, o controle de alimentação da tulha e o enchimento dos *Bag's*.

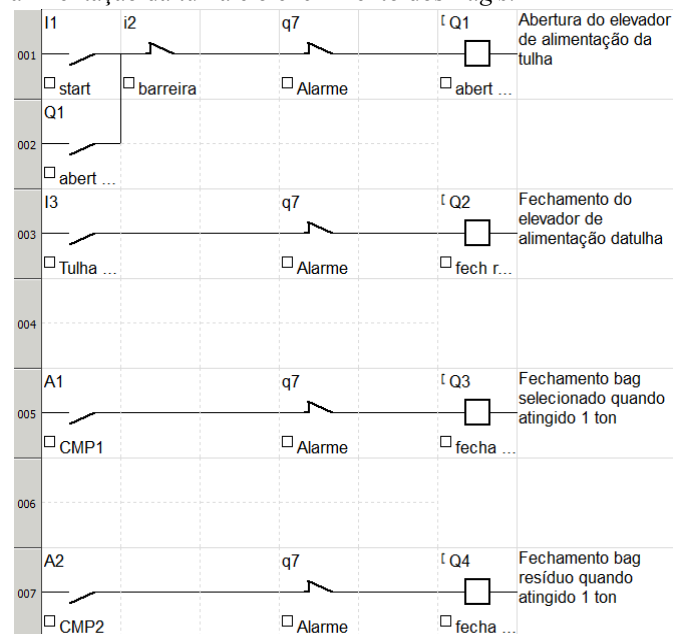


Fig. 10. Início do processo, alimentação da tulha e enchimento dos *Bag's*.

A programação referente ao controle de deslocamento do carrinho selecionado e do carrinho de resíduo, verifica-se na Figura 11. Essa etapa da lógica tem como função coordenar o movimento dos carrinhos de forma automatizada, permitindo a troca dos *Bag's* cheios por vazios. Dessa maneira, o sistema garante a continuidade do processo, otimizando o tempo de operação e aumentando a eficiência do ciclo de enchimento.

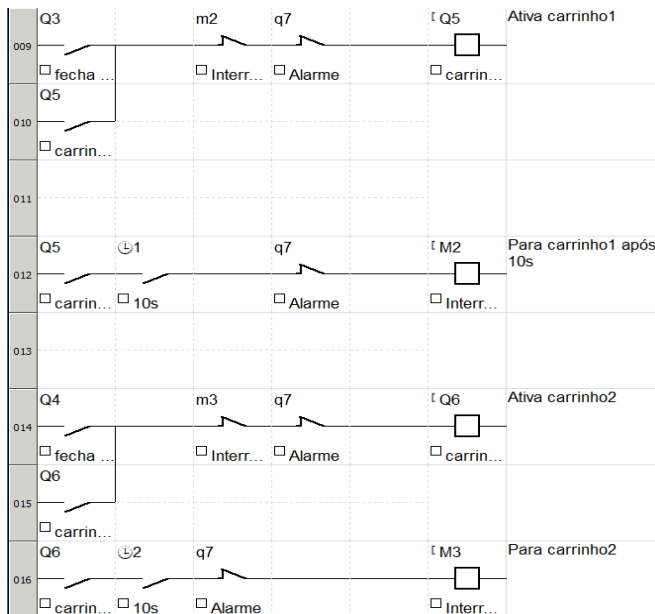


Fig. 11. Movimentação carrinho 1 e 2.

Já a lógica do sistema de alarme, responsável por interromper toda a operação em caso de falhas ou condições anormais detectadas durante o processo, pode ser analisada na Figura 12. Esse sistema atua como uma medida de segurança, garantindo a integridade dos equipamentos e dos operadores. A retomada do funcionamento só é permitida após a execução do comando de *reset*, que restabelece as condições normais de operação e permite o reinício seguro do ciclo automatizado.

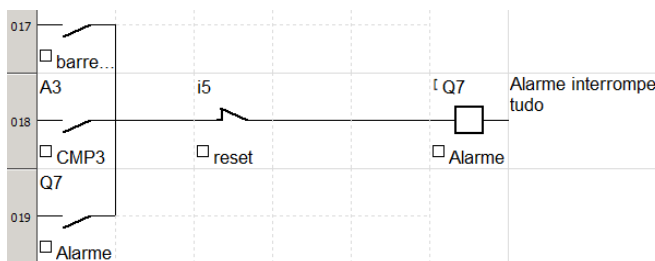


Fig. 12. Alarme.

G) Sistema Interface Homem Máquina (IHM):

A interface do sistema IHM desenvolvida para o acompanhamento em tempo real do processo é demonstrada na Figura 13. Por meio dessa interface, o operador pode monitorar o *status* dos *Bag's* (indicando se estão sendo processados ou não), verificar se o registro do elevador encontra-se aberto, além de observar as condições dos carrinhos 1 e 2, identificando se estão parados ou em

deslocamento. A tela também permite realizar ações de comando, como iniciar o processo, resetar alarmes e reiniciar o sistema, proporcionando maior controle operacional e segurança durante todo o funcionamento automatizado.



Fig. 13. Supervisório.

IV. CONCLUSÕES

A substituição de atividades manuais por processos automatizados permitirá reduzir o número de operadores necessários de quatro para dois, diminuindo custos operacionais e redistribuindo os colaboradores para funções de maior valor agregado.

Além do mais, o controle automatizado do fluxo de sementes, aliado à precisão dos sensores e ao gerenciamento via CLP, deverá reduzir tempos de parada e melhorar a regularidade do processo, elevando a produtividade em até 15% em comparação ao modelo manual. O quadro 5 faz o comparativo de tempo entre processo manual e automatizado.

Quadro 5 - Ganho de tempo estimado.

Operação / Etapa	Antes da Automação	Depois da Automação	Observações
Troca de bag	5 min	3 min	Redução de 40%
Operação diária	8 h	8 h	Sem alteração no tempo total diário
Manutenção preventiva	2 h / semana	1,5 h / semana	Redução de 25% devido à automação
Tempo de parada por ajustes	30 min	10 min	Ajustes automatizados

Com base nos tempos operacionais registrados antes e após a implantação do sistema automatizado, foi possível quantificar o ganho de tempo gerado em diferentes etapas do processo. A troca de bag, inicialmente realizada em 5 minutos, passou a exigir apenas 3 minutos, resultando em uma redução de 40% no tempo de ciclo. Considerando a média operacional de trocas diárias, essa etapa representa uma economia aproximada de 40 minutos por dia.

A manutenção preventiva também apresentou melhora significativa, reduzindo de 2 h/semana para 1,5 h/semana, o que corresponde a uma diminuição de 25% no tempo dedicado às intervenções programadas. Além disso, o tempo de parada para ajustes mecânicos, originalmente de 30 minutos por ocorrência, foi reduzido para 10 minutos devido aos ajustes automatizados, gerando economia adicional de 20 minutos por turno.

Esses resultados demonstram que a automação não apenas aumenta a eficiência operacional, mas também reduz tempos improdutivos, contribuindo para maior disponibilidade do sistema e elevando a produtividade global do processo.

E ainda, a utilização de barreiras de luz, sensores de presença e controle remoto via IHM minimiza a exposição de operadores a zonas de risco, especialmente durante a movimentação de *bag's* e no manuseio próximo às empilhadeiras. Assim, espera-se a redução de ocorrências de acidentes típicos de esmagamento, colisão e problemas ergonômicos.

Com o sistema automatizado proposto, o processo de abertura e fechamento de registros, a alimentação da máquina selecionadora de grãos e o controle de saída será padronizado, reduzindo falhas humanas e garantindo maior uniformidade na operação.

A IHM permitirá acompanhamento em tempo real de variáveis como nível de *bag's*, temperatura do mancal do elevador e *status* da tulha, gerando registros que poderão ser utilizados para manutenção preventiva e tomada de decisão gerencial.

A implementação do projeto contribuirá para a conformidade com normas de segurança, como a NBR 12, ao restringir a atuação de operadores em zonas de risco e reforçar a necessidade de treinamentos específicos somente para situações de intervenção.

Por fim, a minimização de falhas, retrabalhos e acidentes implica redução de custos indiretos relacionados a paradas de produção, indenizações trabalhistas e despesas com manutenção corretiva. Além disso, conforme demonstrado no Quadro 5, observa-se um ganho significativo de tempo no processo produtivo, resultado direto da automatização das etapas de seleção e movimentação de sementes. Esse aumento na eficiência operacional contribui para maior produtividade e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Portanto, o projeto de automação deverá se consolidar como um investimento estratégico, gerando benefícios operacionais, econômicos e sociais para a unidade de beneficiamento de sementes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal Farroupilha pela oportunidade de aprendizado e pelo suporte oferecido ao longo do curso. Expresso minha sincera gratidão ao orientador Tális Piovesan, pela dedicação, paciência e pelas orientações fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Estendo meus agradecimentos aos demais professores do curso de Automação Industrial, pelos conhecimentos transmitidos e pela contribuição na minha formação acadêmica e profissional. Agradeço também à minha família, pelo apoio incondicional, incentivo e

compreensão ao longo desta trajetória, bem como aos colegas e amigos, pelo companheirismo, troca de experiências e colaboração durante todo o processo de realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] EMBRAPA. Dados econômicos – Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 23 out. 2023.
- [2] MACKENZIE. Disponível em: <https://adelpha-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/3524df4c-7d94-4bb8-9141-7b3f23a32f86/content>. Acesso em: 26 set. 2025.
- [3] KEPLER WEBER S.A. Soluções para armazenagem agrícola e movimentação de grãos. Disponível em: <https://www.kepler.com.br/>. Acesso em: 20 out. 2025.
- [4] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- [5] BÜHLER GROUP. *SORTEX Optical Sorters – Bühler Advanced Grain and Seed Sorting Solutions*. Bühler AG, Uzwil, Suíça, 2024. Disponível em: https://www.buhlergroup.com/global/en/products/optical_sorter_sortex.html. Acesso em: 5 out. 2025.
- [6] KEPLER WEBER. *Seletron: Tecnologia Nacional em Seleção Eletrônica de Grãos*. Kepler Weber S.A., 2024. Disponível em: <https://www.kepler.com.br>. Acesso em: 6 out. 2025.
- [7] SELETRON. Portal institucional. Disponível em: <https://www.seletrontech.com.br/>. Acesso em: 6 nov. 2023.
- [8] SCHNEIDER ELECTRIC. Base PLC compacta Twido. Disponível em: <https://www.se.com/be/en/product/TWDLCAE40DRF/compact-plc-base-twido-100-240-v-ac-supply-24-i-24-v-dc-16-o/>. Acesso em: 10 ago. 2025.
- [9] SCHNEIDER ELECTRIC. Harmony ST6. Disponível em: <https://www.se.com/us/en/product-range/65770-harmony-st6/>. Acesso em: 03 set. 2025.
- [10] SCHNEIDER ELECTRIC. Catálogo técnico – sensores de segurança. Disponível em: <https://media.distributordatasolutions.com/schneider2/2021q1/documents/6235bad392d3944e18fc164b19a3f953d6b7cd02.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- [11] ALFABOT. Osisense XC XCKN2145G11 – catálogo técnico. Disponível em: <https://alfabot.cdn.magazord.com.br/img/2021/08/produto/2532/osisense-xc-xckn2145g11-alfabot.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- [12] SCHMERSAL. SLB240-ER-4-ST – sensor de segurança. Disponível em: https://products.schmersal.com/pt_BR/slb240-er-4-st-103013805.html. Acesso em: 07 ago. 2025.

- [13] E-TEC BRASIL. Comandos pneumáticos e hidráulicos. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62518279/161012_com_pneu_hidr20200328-71840-x9ako4-libre.pdf. Acesso em: 09 ago. 2025.
- [14] HBM. Z6 – Célula de Carga Tipo Beam. Disponível em: <https://www.hbm.com/pt/2701/z6-celula-de-carga-tipo-beam/>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- [15] HBM. Z6 – Célula de Carga Tipo Beam. Disponível em: <https://www.hbm.com/pt/2701/z6-celula-de-carga-tipo-beam/>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- [16] SCHNEIDER ELETRIC. ZelioSoft. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product-range/542-zelio-soft/#overview>. Acesso em: 24 out.2025.
- [17] SCHNEIDER ELECTRIC. Base PLC compacta Twido. Disponível em: <https://www.se.com/be/en/product/TWDLCAE40DRF/compact-plc-base-twido-100-240-v-ac-supply-24-i-24-v-dc-16-o/>. Acesso em: 10 ago. 2025.
- [18] FENG, X.; WANG, Y.; LI, Z.; et al. Research on an intelligent seed-sorting method and sorter based on machine vision and lightweight YOLOv5n. *Agronomy*, Basel, v. 14, n. 9, p. 1953, 2024. Disponível em: <file:///C:/Users/Micro/Downloads/agronomy-14-01953.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2025.
- [19] ZORATO, M. de F.; PESKE, S. T.; TAKEDA, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Presença de sementes esverdeadas em soja e seus efeitos sobre seu potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n. 1, p. 11–19, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/467826/1/27139.pdf>. Acesso em: 01 dez.2025.

DADOS BIOGRÁFICOS

Gabriel Henrique Springer, nascido em 01 de fevereiro de 2002, possui formação técnica em Automação Industrial, concluída em dezembro de 2019, e atualmente cursa Tecnologia em Automação Industrial desde o primeiro semestre de 2020, ambos pelo Instituto Federal Farroupilha – Campus Panambi.

Iniciou sua trajetória profissional na empresa Fockink, atuando como montador de equipamentos elétricos no período de 3 de fevereiro de 2020 a 23 de março de 2021. Desde 13 de abril de 2021, exerce a função de Técnico de Máquinas Seleccionadoras, ampliando suas competências nas áreas técnica e comercial, com foco no atendimento ao cliente e no suporte pós-venda de selecionadoras eletrônicas.

Além da experiência técnica, participou de curso voltado à gestão e liderança, com ênfase em autodesenvolvimento e aprimoramento profissional.