

AUTOMAÇÃO DE DISPOSITIVO DE RASTREABILIDADE DE PEÇAS COM SISTEMA A LASER

Jordani Cleveston¹; Ivan Paulo Canal²

¹Discente do curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial

²Professor do Instituto Federal Farroupilha Campus Panambi, Panambi-RS, Brasil

E-mail: jordani.2021006510@aluno.iffar.edu.br

Resumo – Este trabalho apresenta o desenvolvimento e implementação de um dispositivo automatizado de rastreabilidade de peças com um sistema a laser para a gravação das peças. A proposta visa substituir o método de rastreabilidade com sistema por punção por um sistema através de sensores, uma interface homem máquina (IHM) e interface com controlador lógico programável (CLP), com sistema de rastreabilidade através de laser, com isso, o projeto trará confiabilidade na rastreabilidade. O dispositivo de rastreabilidade terá sensores que irão selecionar automaticamente o programa para cada código de peças, após será gravado a rastreabilidade, e finalizando será automaticamente expelido as peças para a embalagem de peças rastreadas. A automação contribuirá para a redução de custos operacionais, custos de manutenção e confiabilidade na marcação, além de proporcionar ganhos significativos em termos de qualidade e agilidade em todo o processo produtivo, minimizando retrabalhos e sucatas. Este trabalho demonstra o estudo técnico e viabilidade econômica do sistema, reforçando a importância da automação e suas tecnologias, como ferramenta estratégica para o aumento da competitividade e confiabilidade no setor produtivo.

Palavras-Chave – Automação industrial, Controle de qualidade, CLP, Rastreabilidade, Marcação a laser.

AUTOMATED PART TRACEABILITY DEVICE WITH LASER SYSTEM

Abstract – This paper presents the development and implementation of an automated parts traceability device with a laser system for marking the parts. The proposal aims to replace the dot-peen traceability method with a system utilizing sensors, a Human-Machine Interface (HMI), and a Programmable Logic Controller (PLC) interface, incorporating laser-based traceability to ensure functional reliability in the tracking process. The traceability device will have sensors that will automatically select the program for each part code, then the traceability will be marked, and finally, the parts will be automatically ejected for packaging of the traced parts. Automation will contribute to the reduction of operational costs, maintenance costs, and reliability in scheduling, as well as provide significant gains in terms of quality and speed throughout the production process, minimizing rework and scrap. This work demonstrates the technical study and economic feasibility of the system,

reinforcing the importance of automation and its technologies as a strategic tool for increasing competitiveness and reliability in the production sector.

Keywords – Industrial automation, Quality control, PLC, Traceability, Laser Marking.

NOMENCLATURA

CLP	Controlador lógico programável.
IHM	Interface homem máquina.
SAP	Sistema de Aplicações e Produtos
CPU	Unidade Central de Processamento

I. INTRODUÇÃO

A crescente competitividade da indústria manufatureira exige soluções cada vez mais eficientes no controle de qualidade e na rastreabilidade de peças ao longo dos processos produtivos. A rastreabilidade é um fator essencial para garantir a identificação e o histórico de cada componente fabricado, permitindo ações rápidas e precisas em caso de não conformidades, além de assegurar a confiabilidade dos dados de produção.

Historicamente, os sistemas de marcação de peças evoluíram de métodos manuais e mecânicos, como gravações por impacto e micropercussão, para sistemas automatizados de marcação a laser, que proporcionam maior precisão, durabilidade e flexibilidade. O sistema anteriormente utilizado nesta aplicação era composto por um Controlador Lógico Programável (CLP) e uma marcadora por micropercussão. Embora funcional, este sistema apresentava limitações relacionadas à velocidade de operação, ao desgaste mecânico do pino de marcação, à qualidade final do código gravado nas peças, inúmeras quebras e paradas de máquina, e dificuldade de peças de reposição para substituição.

Com o avanço das tecnologias de automação e controle, surgiram alternativas mais robustas e precisas, como os sistemas de marcação a laser. Estes oferecem vantagens significativas, como a ausência de contato físico com a peça, alta resolução dos caracteres, menor necessidade de manutenção e possibilidade de gravação simultânea em múltiplas peças além da agilidade no processo. Além disso, o uso de sensores e dispositivos de segurança, como cortinas de luz, contribui para a segurança operacional e o aumento da eficiência do processo.

O presente trabalho tem como objetivo geral propor o desenvolvimento de um dispositivo automatizado de rastreabilidade de peças com sistema a laser, substituindo a tecnologia anterior baseada em micropercussão.

O texto está estruturado nos seguintes objetivos específicos: estudar o dispositivo de rastreabilidade por micropercussão; elencar as problemáticas existentes no processo original (problemas, custos de máquina parada); pesquisar as possibilidades de tecnologias para soluções de rastreabilidade; projetar e dimensionar a automação do dispositivo de rastreabilidade.

II. METODOLOGIA

Os métodos e procedimentos que serão feitos para alcançar os objetivos deste Trabalho de Conclusão de Curso, são:

A. Tipo de pesquisa

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois visa propor uma solução prática para um problema real de rastreabilidade de peças no ambiente industrial. Além disso, possui natureza exploratória e descritiva, uma vez que busca compreender o processo atual de marcação por punção e descrever o desenvolvimento conceitual de uma proposta de automação utilizando tecnologia a laser.

B. Procedimentos técnicos

Como procedimentos técnicos, será utilizada uma pesquisa bibliográfica e documental, abrangendo livros, artigos científicos, normas técnicas e catálogos de fabricantes relacionados à automação industrial, rastreabilidade de peças, sistemas de gravação a laser e controladores lógicos programáveis (CLPs).

Também será realizada uma análise do processo existente, observando o método atual de marcação por punção, a fim de identificar suas limitações e oportunidades de melhoria. Com base nessas informações, será desenvolvido o projeto conceitual da automação, incluindo a definição dos componentes e o funcionamento do sistema proposto.

C. Coleta de dados

A coleta de dados será realizada por meio de pesquisas em fontes técnicas e científicas disponíveis em bases acadêmicas, catálogos de fabricantes e documentação de equipamentos utilizados atualmente na linha de produção.

Serão também coletadas informações de campo referentes ao processo de marcação existente, como tempos de operação, falhas, intervenções manuais e desempenho geral, para subsidiar a análise comparativa com a solução proposta.

D. Etapas de desenvolvimento

O desenvolvimento deste TCC será dividido nas seguintes etapas:

1) *Levantamento teórico*: estudo sobre automação industrial, sensores, CLP e sistemas de gravação a laser.

2) *Análise do processo atual*: levantamento das condições do sistema de marcação por punção, identificando problemas e limitações.

3) *Definição dos requisitos do sistema automatizado*: seleção dos dispositivos necessários (sensores, CLP e laser), critérios de funcionamento e controle.

4) *Tecnologias existentes para o processo*: pesquisar as possibilidades de tecnologias para a solução de rastreabilidade existente no mercado.

5) *Resultados e discussões*: avaliação das deficiências do sistema original versus a automação proposta.

III. DESENVOLVIMENTO

A. Dispositivo de rastreabilidade por micropercussão

O micropuncionamento é uma técnica de gravação que utiliza um processo de marcação por micropercussão, no qual pequenos pontos são formados na superfície do material. Essa tecnologia é amplamente empregada em diversos setores industriais, incluindo automotivo, aeroespacial e eletrônico. O método é versátil e preciso, permitindo a marcação de peças metálicas, plásticas e outros materiais, garantindo alta qualidade e durabilidade nas inscrições [3].

O processo é executado por equipamentos especializados que utilizam uma agulha ou punção para marcar o material. É comumente usado para gravar informações como códigos de barras, números de série e logotipos em peças. O micropuncionamento oferece vantagens significativas, como alta velocidade de marcação, baixo custo operacional e grande durabilidade das inscrições.

Essa técnica é particularmente eficaz para a identificação permanente de produtos e componentes, sendo essencial em processos de rastreabilidade e controle de qualidade. A profundidade e o tamanho dos pontos podem ser ajustados para atender a diferentes requisitos de marcação, tornando o micropuncionamento uma solução flexível para diversas aplicações industriais [3].

A primeira marcação por micropercussão foi criada em 1986 pela empresa Gravotech (anteriormente conhecida como Gravograph e New Hermes) [7].

B. Problemáticas existentes no processo original

Com o dispositivo de rastreabilidade atual tem-se alguns problemas e limitações, o que motivou a realização desse projeto, tais como:

- Baixa velocidade de operação;
- Desgaste mecânico do pino de marcação;
- Qualidade final do código gravado nas peças;
- Inúmeras quebras e paradas de máquina;
- Dificuldade de peças de reposição para substituição;
- Possui componentes mecânicos desgastados;
- Problemas de isolamento do painel elétrico, gerando entrada de sujeira (conforme demarcado em verde), cabeamento não organizado (conforme demarcado em vermelho), dificultando a ação rápida do conserto, conforme demonstrado na Figura 1.

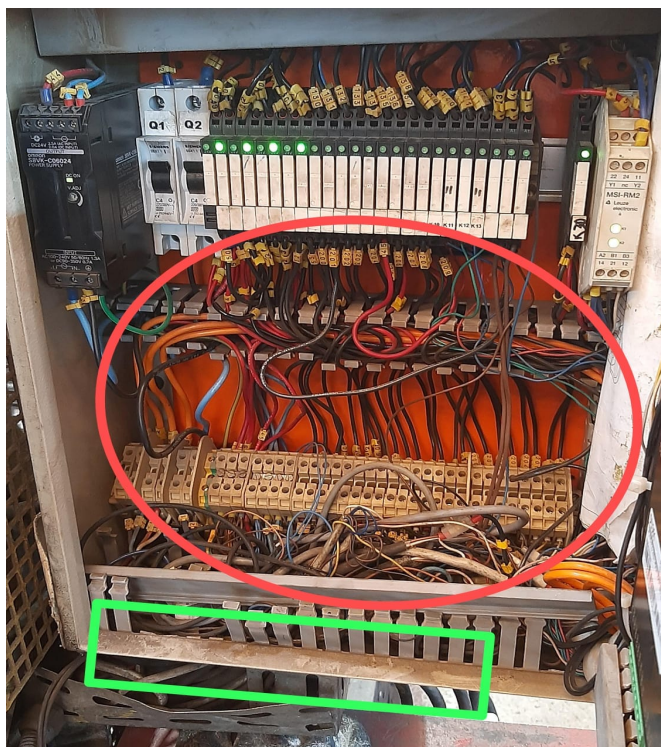


Fig 1. Painel elétrico sem isolamento e desorganizado.

Analisando o aspecto manutenção no processo atual, após retirar dados do sistema SAP, que controla a quantidade de ordens de manutenção e o seu devido histórico de falhas, conforme apresentado no (Quadro I), constatou-se que em 6 meses do ano de 2025, houve 35 ordens de manutenção totalizando 123,83 horas de máquina parada [13].

Quadro I - Quantidade de ordens de falhas na máquina dos últimos 6 meses.

Quantidade de ordens de manutenção	Descrição Máquina	Mês	Duração paradas/mês (horas)
3	DISP. MARCAÇÃO	05/2025	3,52
4	DISP. MARCAÇÃO	06/2025	4,33
5	DISP. MARCAÇÃO	07/2025	77,86
7	DISP. MARCAÇÃO	08/2025	19,8
5	DISP. MARCAÇÃO	09/2025	3,27
11	DISP. MARCAÇÃO	10/2025	15,05
Tempo total de indisponibilidade de máquina por manutenção nos últimos 6 meses			123,83 hs

Conforme demonstrado na Figura 2, a foto é de um cabeçote de marcação por micropercussão desmontado que está passando por uma intervenção de manutenção, seus principais problemas são rompimento de correia (conforme

demarcado número 1), problema no sensor de posição x e y (conforme demarcado número 2), queima da bobina de marcação (conforme demarcado número 3) e desgaste do punção de marcação (conforme demarcado número 4).

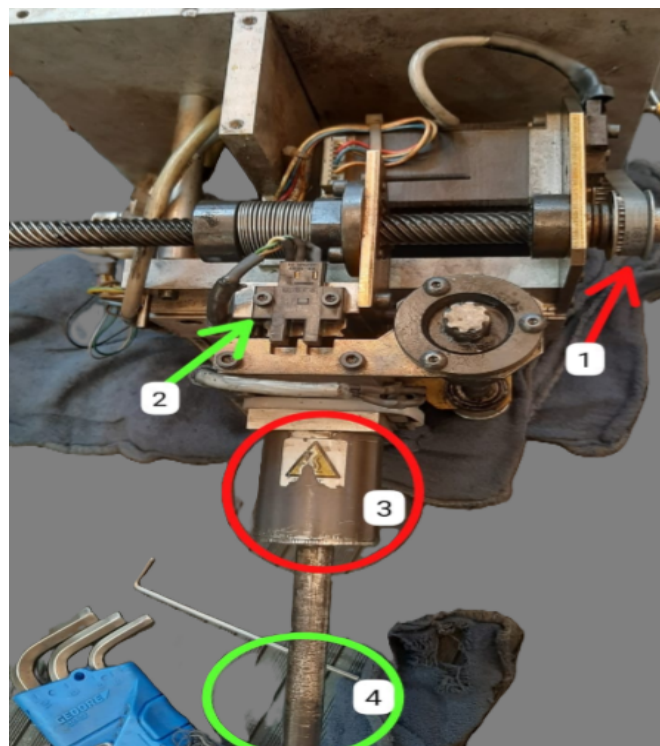


Fig 2. Cabeçote de marcação em manutenção.

O valor da hora de produção do dispositivo de marcação é de R\$29,26/hora, porém como é um fluxo contínuo de trabalho e, considerando a possibilidade de parar a produção do dispositivo de rastreabilidade interferindo na produtividade da célula de solda.

A célula de solda, implicará para amortização o valor de R\$170,87/hora que é relacionado a célula de solda. Como resultado combinado do dispositivo de marcação e a célula de solda, tem-se um prejuízo de produção de R\$200,13/hora.

Fazendo o cálculo de custo da indisponibilidade do processo, é possível afirmar que as 123,83 horas de máquina parada nos 6 meses no produto com o valor do custo do prejuízo por hora é de R\$24.782,09 reais, sendo um valor representativo no contexto do processo.

Este trabalho está sendo desenvolvido a partir do estudo de caso em uma empresa do ramo metal mecânico que fabrica peças para o segmento automotivo, rodoviário, agrícola e de construção.

C. Tecnologias para soluções de rastreabilidade

Neste tópico, serão discutidas as etapas de marcação a laser, gravação a laser e gravação por micro percussão, além de diferenciar suas vantagens e desvantagens.

1) *Marcação a laser:* Os lasers oferecem o melhor método para criar marcas duráveis e de alta qualidade em metal, plástico, liga e outros materiais. A marcação a laser é um

processo sem contato que usa um laser para marcar a superfície de um material [6].

O feixe de laser interage com o material para criar a marca desejada. O tipo de marcação que pode ser obtida depende dos parâmetros do laser (potência, comprimento de onda, qualidade do feixe, etc.) e do material a ser marcado.

A máquina de marcação a laser marca apenas a superfície do material, ou seja, não remove material. Na figura 3 é possível visualizar um exemplo de marcação a laser.



Fig. 3. Exemplo de marcação a laser.

A profundidade da marcação na peça é extremamente rasa, geralmente inferior a 0.5 mm, conforme os estudos de [10].

Vantagens principais:

- A marcação a laser é permanente. Uma vez que uma peça é marcada com um laser, a marca estará lá por toda a vida útil da peça. Isso é ideal para aplicações em que é importante identificar uma peça, mesmo depois de anos de desgaste;
- Precisão: tem a capacidade de imprimir em diferentes superfícies, diferentes distâncias e tipos de dispositivos, sempre com alta qualidade;
- Durabilidade: é uma tecnologia que se mantém permanente mesmo em condições severas, mantendo a identidade do produto em toda sua vida útil;
- Versatilidade: a gravadora a laser pode ser facilmente integrada a diversos tipos de produções, atendendo ao escopo do processo;

Desvantagens principais:

- Alto custo: O próprio equipamento de marcação a laser e os custos de manutenção são elevados. A compra, instalação e manutenção de equipamentos a laser pode sobrecarregar algumas pequenas e médias empresas;
- Preocupações de segurança: Os poderosos feixes produzidos pelos sistemas laser podem causar danos aos olhos e à pele humana. Devem ser tomadas medidas de segurança adequadas. Como usar óculos de proteção adequados para evitar lesões por radiação laser [5]-[6].

2) *Gravação a laser:* A gravação a laser envolve a remoção de material de um substrato através da ação de um

feixe de luz intenso e focado, conforme pode ser visualizado na Figura 4.



Fig. 4. Exemplo de gravação a laser [11].

A remoção do material pode ocorrer de forma direta (por ablação) ou indiretamente (por meio de uma reação química).

No caso da ablação direta, a energia do feixe de laser provoca a vaporização do material alvo, deixando um buraco para trás. As reações químicas ocorrem na presença do feixe de laser, causando uma mudança nas propriedades físicas do material alvo. Por exemplo, para o caso do nitrato de titânio exposto a um feixe de laser de alta intensidade.

Nesse caso, a temperatura aumenta o suficiente para fazer com que os átomos de titânio se quebrem em oxigênio e nitrogênio gasoso. Esses gases se difundem para fora da área onde foram formados e deixam um vazio.

A gravação a laser é um processo de marcação versátil porque não requer tinta ou materiais consumíveis. Por funcionar sem tinta, pode ser usado para marcar plásticos. Além disso, não há necessidade de adquirir novos equipamentos para cada trabalho, tem custos mais baixos e menos problemas de manutenção. Quando as marcas são feitas nas peças, elas duram mais do que as feitas com métodos tradicionais. Eles não desbotam ou descascam com o tempo.

A profundidade da máquina de gravação a laser pode ser profunda. A profundidade varia de 0.1 mm a 100 mm. Normalmente, a profundidade exata depende do material [10].

Vantagens principais:

- Alta precisão e exatidão;
- O processo sem contato, reduz o risco de danos materiais;
- Ampla gama de materiais compatíveis. Do metal ao plástico, madeira, vidro e muito mais;
- Versatilidade para uma variedade de aplicações, desde indústrias até artísticas;
- O processo é eficiente e rápido, adequado para produção em pequena e grande escala;
- Manutenção mínima em comparação com métodos tradicionais de gravação.

Desvantagens principais:

- Materiais Limitados: A gravação a laser funciona melhor em determinados materiais. Como madeira, acrílico, vidro e metal. No entanto, certos materiais podem não responder bem à gravação a laser. Como

superfícies reflexivas, materiais transparentes e plásticos;

- Limitações de profundidade: É capaz de criar padrões de superfície detalhados. A gravação a laser pode não ser adequada para gravações profundas [5]-[6].

3) *Gravação por micropercussão*: A gravação por micropercussão é um método avançado de marcação utilizado na indústria para identificar e rastrear produtos de forma eficiente e durável.

Neste processo, uma agulha controlada eletronicamente cria pontos na superfície de materiais como metal, plástico e vidro, formando textos, números ou códigos legíveis e permanentes [8].

Ela utiliza uma ponta de metal extremamente resistente para fazer vários micropontos na superfície de um material [4].

Esses micropontos são feitos em padrões específicos para formar, de maneira precisa e com profundidade, os caracteres ou códigos que precisam ser gravados. O resultado é sempre claro e durável, mesmo que a marcação seja feita em um metal ultra duro, conforme mostra a figura 5.

Diferente de outros métodos de gravação, a gravadora por micropuncionamento não remove material, apenas cria marcas permanentes e altamente legíveis por meio de uma deformação controlada [9].

Vantagens principais:

- A tecnologia permite marcar detalhes com alta resolução, ideal para códigos de barras, QR codes e data matrix;
- Pode ser utilizado em uma ampla gama de materiais e formatos, desde peças planas e superfícies curvas.

Desvantagens principais:

- Devido ao atrito com a peça e se a peça tiver uma alta dureza é necessário fazer a substituição de peças como punção e mola frequentemente;



Fig. 5. Exemplo de marcação por micropercussão [12].

dispositivo de rastreabilidade automatizado com sistema a laser.

1) Controlador Lógico Programável - CLP

1.1) *CLP Nexto Xpress 325 Altus*: O CLP é um dispositivo eletrônico programável utilizado na automação industrial, capaz de receber sinais de sensores, processar informações de acordo com uma lógica previamente programada e controlar atuadores, máquinas e processos industriais de forma automática, segura e eficiente.

Como um possível modelo dimensionado para este trabalho, trataremos do modelo Nexto XP 325 da Altus, para atender às demandas de máquinas e pequenos processos, o CLP, demonstrado na Figura 6, é uma solução completa para as aplicações avançadas, entregando desempenho e alta conectividade com um excelente custo benefício.



Fig 6. CLP Altus Nexto XP 325.

Este CLP conta com 16 entradas digitais, 16 saídas digitais a transistor, uma porta Ethernet, um canal Serial padrão RS-485, uma porta CAN e uma interface USB, o CLP Xpress também utiliza a plataforma tecnológica CODESYS com configuração via MasterTool IEC XE, software gratuito de programação da série com escalabilidade para projetos de micro a grande porte [1]-[14].

1.2) *CLP Siemens simatic S7-1200*: O CLP Siemens SIMATIC S7-1200, Figura 7, é um controlador lógico programável (CLP) compacto e modular, ideal para automação industrial de pequeno a médio porte. Ele se destaca por sua interface PROFINET integrada, capacidade de expansão e controle flexível de sensores e motores [24].

D. Indústria moderna e rastreabilidade de peças

Buscando sanar as problemáticas e alcançar os objetivos propostos, serão apresentados os componentes dimensionados para o projeto e que caracterizam o novo



Fig 7. CLP Siemens S7-1200.

Além disso, o SIMATIC S7-1200 possui recursos avançados de comunicação e diagnóstico, permitindo a integração com (IHMs), sistemas supervisórios e outros dispositivos industriais. Sua programação é realizada por meio do software TIA Portal.

1.3) CLP no contexto do projeto: A máquina possui um CLP que será responsável pelo controle lógico e sequencial do sistema de rastreabilidade, coordenando a comunicação entre sensores, marcador a laser, e banco de dados. Sua utilização permite alta confiabilidade operacional, rapidez no processamento das informações e facilidade de manutenção do sistema automatizado.

No contexto deste projeto, o CLP é fundamental para garantir a sincronização entre a identificação das peças e o registro automático das informações no sistema. Antes da automação, o processo de rastreabilidade poderia depender de registros manuais, sujeitos a falhas humanas, perda de informações e baixa produtividade. Assim, o CLP atende ao requisito de controle automático e preciso do processo produtivo, reduzindo erros e aumentando a eficiência da rastreabilidade.

No funcionamento do sistema, quando uma peça é detectada na estação de gravação, o CLP processa as informações recebidas dos sensores e envia os comandos necessários para o equipamento laser realizar a marcação. Após a gravação, o equipamento laser envia um sinal de final de gravação que irá recuar os atuadores pneumáticos e armazenará os dados de produção e rastreabilidade em um banco de dados ou sistema supervisório.

O CLP dimensionado é do fabricante ALTUS, modelo Nexto XP 325, possui 16 entradas de sinais digitais, e 16 saídas digitais.

Este equipamento combina suas entradas através de uma lógica programada e assim ativa suas saídas.

2) Relé de segurança G9SE-201: Conforme apresentado na Figura 8, o G9SE-201 é um módulo de segurança compacto, projetado para monitorar dispositivos de segurança e garantir que a máquina entre em estado seguro em caso de risco.



Fig 8. Relé de segurança G9SE-201.

Ele é utilizado para interromper energia com nível de segurança, é ideal para sistemas como:

- Cortinas de luz. Suas saídas OSSD da cortina entram no G9SE-201, que, monitora os dois canais;
- Em caso de bloqueio, desliga as saídas seguras;
- Fornece sinal de feedback ao CLP (diagnóstico, não segurança);
- As características anteriores, permitem controlar máquinas que precisam de alta rapidez e segurança (como laser de marcação) [2].

2.1) Relé no contexto do projeto: No projeto de Automação de Dispositivo de Rastreabilidade de Peças com Sistema a Laser, o relé de segurança G9SE-201 desempenha uma função fundamental na proteção dos operadores e dos equipamentos durante o processo automatizado. Ele é responsável por monitorar os dispositivos de segurança da máquina, como botões de emergência (E-Stop) e cortinas de luz, garantindo que qualquer condição de risco provoque a interrupção imediata e segura do sistema.

Integrado ao CLP Altus XP325, o G9SE-201 atua como uma camada independente de segurança, impedindo que falhas de software ou de programação comprometam a proteção do equipamento. Quando ocorre o acionamento de uma parada de emergência ou a abertura de uma proteção de acesso, o relé desenergiza os circuitos críticos, bloqueando o funcionamento do sistema de movimentação e da gravação a laser.

Sua utilização atende aos requisitos das normas de segurança industrial, como a NR-12, ou seja, o relé garante que a operação de gravação das peças ocorra somente quando todas as condições de segurança estiverem atendidas, aumentando a confiabilidade, a integridade do processo e a proteção dos operadores.

3) Cortina de luz : A cortina de luz de segurança F3SG-SRB, Figura 9, é instalada no posto de marcação para impedir que o operador coloque mãos, dedos ou braços na área de risco durante o ciclo de gravação a laser [23].



Fig 9. Cortina de luz.

Sua finalidade consiste em desenergizar automaticamente o sistema em situações de invasão do campo de proteção [15]-[23].

A cortina cria um campo de proteção virtual, formado por feixes infravermelhos.

Se qualquer membro do operador atravessar esse campo:

- O ciclo de marcação é interrompido;
- O laser é bloqueado;
- A máquina entra em estado seguro;
- Isso impede o acionamento acidental do laser com alguém dentro da área.

3.1) Cortina de luz no contexto do projeto: A cortina de luz F3SG-SRB, da OMRON Industrial Automation, é utilizada como um dispositivo de segurança destinado à proteção dos operadores na área de atuação do sistema de gravação a laser. Sua principal função é monitorar continuamente a zona de risco, detectando a entrada de mãos, braços ou qualquer parte do corpo na região protegida durante o funcionamento do equipamento.

Integrada ao relé de segurança G9SE-201 e ao CLP Altus XP325, a cortina de luz cria uma barreira óptica formada por múltiplos feixes infravermelhos. Quando qualquer feixe é interrompido, o sistema envia um sinal de segurança através das saídas OSSD, fazendo com que o relé interrompa imediatamente os circuitos críticos da máquina e impeça a continuidade do processo de gravação a laser. Dessa forma, evita-se a exposição do operador a riscos mecânicos e à radiação do equipamento durante a operação.

A utilização da cortina de luz garante que o processo de identificação a laser ocorra somente em condições seguras. Caso o operador acesse a área protegida durante a gravação ou movimentação das peças, o sistema realiza a parada segura da célula automatizada, preservando a integridade física dos usuários e atendendo aos requisitos de segurança industrial, como a NR-12. Assim, a F3SG-SRB atende aos requisitos do projeto e contribui diretamente para a confiabilidade, segurança operacional e conformidade do projeto.

4) Fonte de alimentação EG1535/M: A fonte Altus EG1535/M, Figura 10, é uma fonte de alimentação 24Vdc, 75W de potência 3.2 A de corrente de saída, robusta e

projetada para alimentar todo o circuito de comando do sistema de automação.



Fig 10. Fonte de alimentação.

A versão /M significa que ela é montada em trilho DIN e possui proteção reforçada [16].

- Será utilizada para fornecer os 24 Vcc estabilizados necessários para o funcionamento da CPU;
- Sensores de detecção de peça serão alimentados pela EG1535/M;
- As cortinas Omron da Figura 9, exigem 24 Vcc no emissor e receptor;
- O relé de segurança também trabalha com 24 Vcc;
- Relés 24 Vcc de comando e botões de comando luminoso.

4.1) Fonte de alimentação no contexto do projeto: A fonte de alimentação EG1535/M, da Altus, é responsável por fornecer energia elétrica estável e segura para todos os dispositivos do sistema de automação. Sua função é alimentar o CLP Altus XP325, sensores, relés de segurança, cortinas de luz, interfaces homem-máquina (IHM) e demais componentes eletrônicos presentes no dispositivo de rastreamento.

A EG1535/M fornece tensão de saída de 24Vdc, potência de 75W e corrente máxima de 3,2 A, características adequadas para aplicações de controle e automação industrial. Também possui proteções contra curto-circuito, sobrecorrente, sobretensão e sobretemperatura, aumentando a confiabilidade do sistema e reduzindo riscos de danos aos equipamentos. Em um sistema de gravação a laser, a estabilidade dessa alimentação é essencial para evitar falhas de comunicação, interrupções inesperadas e erros no processo de identificação das peças.

Integrada ao painel elétrico do projeto, a fonte converte a tensão da rede elétrica em uma tensão contínua regulada de 24 Vcc, utilizada pelos equipamentos de comando e controle. Dessa forma, garante o correto funcionamento do CLP, que coordena a sequência operacional, desde a detecção da peça até o acionamento do sistema de gravação a laser.

No projeto contribui diretamente para a disponibilidade operacional do sistema, assegurando que os dispositivos de controle, segurança e identificação funcionem de forma contínua e confiável. Assim, ela representa um elemento essencial para a estabilidade energética do projeto,

garantindo maior segurança, produtividade e precisão no processo automatizado de gravação e rastreamento das peças.

5) *IHM X2 base 7*: O X2-BASE-7-V2, Figura 11, é um terminal HMI (Interface Homem-Máquina) da linha Altus / Beijer Electronics — ou seja, um painel que permite comunicação entre o operador e o sistema de automação [17]. Ele faz parte da série “BASE” da linha X2, geração V2, no formato de 7" (sete polegadas).

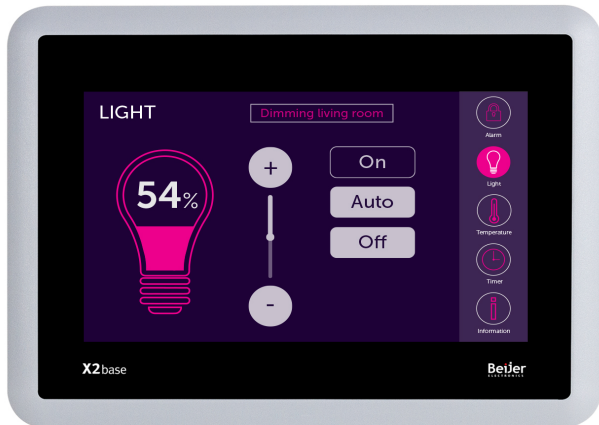


Fig 11. Exemplo de IHM da linha Altus [17].

Os modelos X2-BASE-7-V2 da linha de entrada das IHMs X2 contam com um SSD de 2 GB para memória de aplicação, sendo 1,5 GB de espaço livre, e 512 MB de memória RAM.

Suas principais funções são:

- Visualizar estados do processo, alarmes, receitas, contadores e dados de produção;
- Permitir ao operador realizar entradas (via *touchscreen* ou botões do painel) para alterar parâmetros, iniciar/parar máquinas, etc;
- Conectar-se com controladores (CLPs), inversores, redes de comunicação industrial (RS-232/422/485, Ethernet) para trocar dados.

5.1) *IHM no contexto do projeto*: Através da IHM o operador vai se comunicar com a máquina e terá o controle de todas suas ações. A IHM atua como a principal interface entre o operador e o sistema automatizado. Sua função é permitir o monitoramento em tempo real do processo de rastreabilidade, oferecendo visualização dos dados de produção, status dos dispositivos, quantidade produzida, status dos sensores, alarmes, diagnósticos e comandos operacionais da célula de gravação a laser.

Integrada ao CLP Altus XP325, a IHM possibilita que o operador acompanhe todas as etapas do processo, desde a detecção da peça até a gravação do código de identificação a laser.

6) Sensores:

6.1) *Sensor Capacitivo*: Os sensores capacitivos, Figura 12, são projetados para operar gerando um campo eletrostático e detectando mudanças nesse campo, que acontecem quando um alvo se aproxima da face ativa. As

partes internas do sensor consistem em uma ponta capacitiva, um oscilador, um retificador de sinal, um circuito de filtragem e um circuito de saída [18]-[19].

Funcionam com base na variação da capacitância, que é a capacidade de um componente de armazenar carga elétrica. Eles detectam a presença de objetos ao medir a mudança na capacitância causada pela aproximação de um material. Esses sensores são capazes de detectar não apenas metais, mas também materiais não metálicos, como plásticos e líquidos. Isso os torna extremamente versáteis e úteis em uma variedade de aplicações, desde a automação de processos até a detecção de níveis de líquidos.

São largamente utilizados para a detecção de objetos de natureza metálica ou não, como madeira, papelão, cerâmica, vidro, plástico, alumínio, laminados ou granulados, pós de natureza mineral como talco, cimento, argila, etc [22].

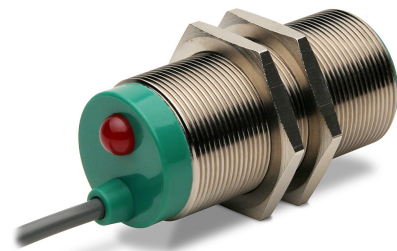


Fig 12. Exemplo de Sensor Capacitivo [20].

Aplicações

Os sensores capacitivos possuem várias aplicações e são muito usados quando é necessário uma alta resolução, dentre as suas aplicações podemos citar:

- Medição de posicionamento com alta precisão;
- Medição de espessura;
- Testes de uniformidade nas dimensões de materiais;
- Identificação de materiais através de suas propriedades.

6.2) *Sensor Indutivo*: Os sensores indutivos, Figura 13, são emissores de sinal que detectam, sem contato direto, elementos metálicos que atravessam o seu campo magnético convertendo em um sinal elétrico identificável. Esses sensores consistem basicamente numa bobina em torno de um núcleo [18]-[19]-[21].

O circuito interno do sensor indutivo é composto por um núcleo de ferrite envolvido por uma bobina, um circuito disparador em conjunto com um amplificador e um circuito oscilador.

O oscilador juntamente com a bobina são responsáveis por criar um campo magnético variável. Ao aproximar um material metálico neste campo, são geradas pequenas correntes parasitas, graças ao princípio da indução eletromagnética. A energia do campo magnético, juntamente com a sua amplitude gerada pelo oscilador, diminuirá graças às correntes induzidas no material metálico.

O circuito de disparo, presente no interior do sensor indutivo, é responsável por detectar a partir de um certo ponto a queda do campo magnético e enviar um sinal para a saída, alterando a sua tensão. A saída por sua vez apresenta uma resposta lógica, que pode ter nível baixo ou alto [22].



Fig 13. Exemplo de Sensor Indutivo E2B-M12KS04-M1-C2 [21].

Aplicações:

Os sensores indutivos podem ser muito aplicados por serem versáteis e seguros, dentre as suas aplicações podemos citar:

- Detecção de presença de materiais metálicos;
- Detecção de fim de curso;
- Identificação de materiais metálicos;
- Leitura de posição do material;
- Contagem e reconhecimento de pulsos.
- Distância de detecção de 4 mm.
- Tensão de alimentação de 10 a 30 Vcc.

6.3) *Sensores no contexto do projeto:* Serão utilizados sensores indutivos no projeto, devido a sua robustez e também devido ao objetivo de detectar somente as peças que são materiais metálicos, os sensores E2B-M12KS04-M1-C2, serão utilizados para detectar as peças e o modelo das peças.

O sensor indutivo é responsável pela detecção da presença e posicionamento das peças metálicas ao longo do processo automatizado. Sua utilização garante que a gravação a laser seja realizada somente quando a peça estiver corretamente posicionada na estação de marcação, contribuindo para a precisão e confiabilidade do sistema de rastreabilidade.

No dispositivo de rastreabilidade, os sensores foram instalados para confirmar a chegada da peça, bem como em pontos estratégicos para verificar sua posição correta antes do acionamento do laser. Dessa forma, evita-se a gravação incorreta ou a operação sem a presença do produto, reduzindo perdas e retrabalho no processo produtivo.

Não foi projetado o sensor capacitivo devido ser mais sensível a poeira e óleo, com isso poderia gerar erros de leitura das peças.

7) *Gravação a laser:* O laser modelo MD-F 50w, Figura 14, refere-se à série industrial de marcadores a laser de fibra de 3 eixos fabricada pela Keyence. Projetado para gravações profundas e de alta velocidade em metais e resinas.

- Potência da fonte de 50W;
- Nitidez da marcação após processo de pintura;
- Tensão de 100–240 VAC, 50/60 Hz;



Fig 14. Exemplo de LASER MD-F 50W [26].

Sistema de controle de três eixos, permite a compensação automática do foco durante o processo de gravação. Essa característica possibilita a marcação eficiente em superfícies com diferentes alturas ou geometrias, garantindo elevada qualidade e legibilidade dos códigos gravados[26]. Isso reduz o esforço gasto em trocas de ferramentas ao trocar de produtos e posições de marcação.

7.1) *Gravação no contexto do projeto:* Com base nos estudos de rastreabilidade, optou-se por utilizar o sistema de gravação a laser modelo MD-F 50w, pois é um processo rápido, eficiente, com baixo índice de falhas, poucas peças necessárias, pois é um processo que não possui contato na peça o que a torna exclusiva para produção de alto volume com resultados consistentes.

Também levou-se em consideração que as peças após o processo de solda e rastreabilidade irão para o processo de pintura eletrostática, e o processo de marcação a laser não sofrerá danos ou alteração após a passagem do processo de pintura.

E. Resultados e discussões de dimensionamento da automação do dispositivo de rastreabilidade

Mediante o contexto de tecnologias apresentadas, os resultados obtidos a partir do dimensionamento da automação do dispositivo de rastreabilidade demonstraram que a seleção dos componentes foi adequada às necessidades operacionais e de segurança do processo. O sistema foi projetado, Figura 15, utilizando o CLP Altus Nexto XP325 como controlador principal, responsável pelo gerenciamento das entradas e saídas, monitoramento dos sensores e acionamento da gravadora a laser. A interface homem-máquina X2 Base 7 proporciona uma interação intuitiva entre operador e equipamento, permitindo o acompanhamento do processo e a visualização de alarmes e informações operacionais. Além disso, a fonte de alimentação EG1535/M garantiu o fornecimento estável de energia para todos os dispositivos do sistema.

Em relação à segurança e confiabilidade operacional, a integração da cortina de luz de segurança F3SG-SRB com o relé de segurança G9SE-201 permitiu atender aos requisitos de proteção da área de marcação, impedindo o funcionamento da gravadora a laser em situações de risco ao operador. Os sensores indutivos M12 foram dimensionados

para realizar a detecção da presença da peça, assegurando que o ciclo de marcação somente ocorra quando as condições previamente estabelecidas forem atendidas. Dessa forma, o projeto apresenta uma solução automatizada capaz de aumentar a produtividade, reduzir falhas operacionais e minimizar os tempos de parada, contribuindo para a melhoria contínua do processo de rastreabilidade das peças.

FLUXOGRAMA – DISPOSITIVO DE RASTREABILIDADE DE PEÇAS COM SISTEMA A LASER

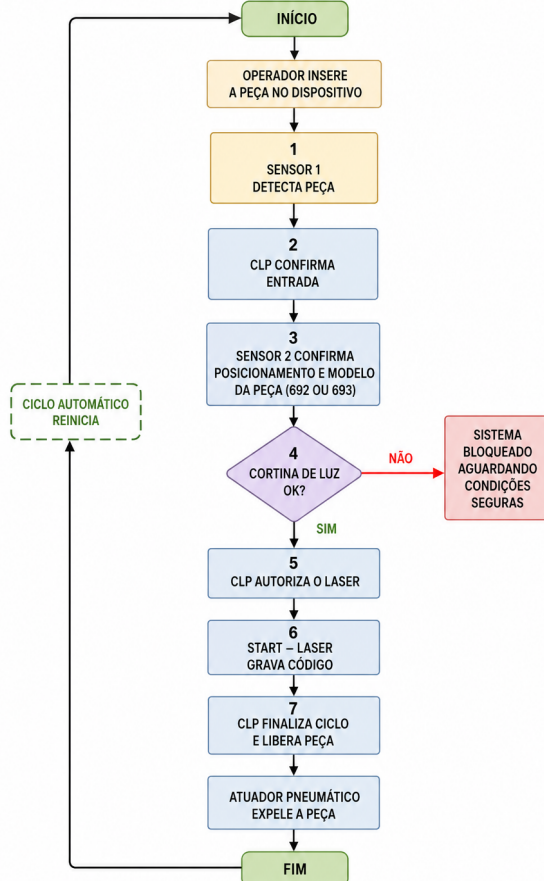


Fig 15. Fluxograma dos requisitos/necessidades de projeto e interligação de soluções.

Com estes dispositivos será possível realizar a automação de todo o sistema de rastreabilidade de peças com sistema a laser.

IV. CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho, permitiu demonstrar os benefícios e as potencialidades da automação industrial aplicada aos processos de rastreabilidade. A substituição do sistema tradicional de marcação por punção por um sistema automatizado com gravação a laser representa um avanço significativo em termos de tecnologia, precisão e eficiência produtiva.

A avaliação do processo original possibilitou identificar diversos fatores que impactavam a eficiência produtiva, destacando-se as frequentes paradas de máquina, a necessidade de intervenções manuais e os custos associados à

manutenção do sistema de micropercussão. Essas ocorrências resultam em perda de produtividade, aumento do tempo de ciclo e elevação dos custos operacionais. O levantamento dessas problemáticas evidenciou a necessidade de modernização do sistema de rastreabilidade, buscando maior confiabilidade, disponibilidade e segurança operacional.

A pesquisa das tecnologias disponíveis para rastreabilidade demonstrou que os sistemas de marcação a laser apresentam vantagens significativas em relação aos métodos convencionais. Entre os principais benefícios observados estão a elevada precisão de marcação, a redução da necessidade de manutenção mecânica, a rapidez do processo e a facilidade de integração com sistemas automatizados. A análise comparativa das alternativas permitiu concluir que a tecnologia a laser é uma solução adequada para atender às exigências de rastreabilidade, qualidade e produtividade do processo estudado.

Com o projeto de integração de sensores, um (CLP) e uma (IHM), o novo sistema possibilitará o controle total do processo de rastreabilidade, desde a identificação da peça até a gravação e expedição das mesmas. Essa automação elimina falhas humanas, reduz o tempo de operação e garante a rastreabilidade completa de cada item produzido, o que é essencial em ambientes industriais que exigem altos padrões de qualidade e controle.

O uso de sensores para detecção automática das peças e seleção do programa de gravação correspondente proporcionará uma padronização do processo, tornando-o mais confiável e regular. O emprego do laser como método de marcação, traz maior durabilidade e legibilidade nas gravações, redução da necessidade de manutenção, visto que o sistema não depende de contato físico com a peça. Essa característica, aliada à precisão do laser, garante um resultado mais limpo, permanente e resistente a desgastes.

A redução de custos operacionais e de manutenção, somada à eliminação de retrabalhos e sucatas, impactará diretamente na produtividade e na lucratividade da indústria. Com isso, conclui-se que a proposta apresentada representa um avanço tecnológico e estratégico, capaz de transformar processos produtivos, reduzir custos, aumentar a confiabilidade e consolidar a automação como pilar fundamental da indústria moderna.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a minha família e aos professores pelo apoio até aqui, especialmente ao professor e orientador Ivan pelos direcionamentos.

REFERÊNCIAS

- [1] ALTUS, Controle os processos da sua indústria com as IHMs da Série X2. [s.d.]. Disponível em: <https://www.altus.com.br/serie/serie-xp/>. Acesso em: 26 de jul. de 2025.
- [2] OMRON, Relé de Segurança – G9SE-201. [s.d.]. Disponível em: <https://automation.omron.com/pt/br/products/family/G9SE>. Acesso em: 26 de jul. de 2025.
- [3] INTERSYS, Gravação por micropercussão. Disponível em:

- <https://www.intersysbrasil.com.br/gravacao-micropercussao>. Acesso em: 20 set. 2025.
- [4] COUTH, Marcação por microponto. [s.d.]. Disponível em: <https://www.couth.com/pt-pt/marcacao-por-micropontos/>. Acesso em: 21 set. 2025.
- [5] MFGROBOTS, Principais tipos de marcação de peças. [s.d.]. Disponível em: <https://pt.mfgrobots.com/mfg/mpm/1004042241.html>. Acesso em: 17 out. 2025.
- [6] HANTENCNC, Diferença de marcação a laser e gravação a laser. [s.d.]. Disponível em: <https://hantencnc.com/pt/blog/laser-marking-vs-laser-engraving>. Acesso em: 18 out. 2025.
- [7] GRAVOTECH, História da marcação por micropuncionamento. [s.d.]. Disponível em: <https://www.gravotech.com.br/produtos/maquinas-de-micropercussao-riscagem>. Acesso em: 29 out. 2025.
- [8] INTERSYS, Gravação por micropercussão. [s.d.]. Disponível em: <https://www.intersysbrasil.com.br/gravacao-micropercussao>. Acesso em: 31 out. 2025.
- [9] PROMARKING, Máquina de gravação por micropuncionamento. [s.d.]. Disponível em: <https://www.promarking.com.br/artigos/guia-completo-sobre-maquinas-gravacao-por-micropuncionamento>. Acesso em: 31 out. 2025.
- [10] DXTECH, Diferença de marcação a laser e gravação a laser. [s.d.]. Disponível em: <https://pt.dxtech.com/what-are-the-differences-between-a-laser-marking-machine-and-a-laser-engraving-machine>. Acesso em: 01 nov. 2025.
- [11] FREEPIX, Peça com marcação a laser. [s.d.]. Disponível em: https://br.freepik.com/psd-premium/gravacao-a-laser-e-m-superficie-metalica_44151886.htm. Acesso em: 02 nov. 2025.
- [12] DATAMARK, Peça com marcação por micropercussão. [s.d.]. Disponível em: <https://datamark-systems.com/pt-pt/tecnologia-marcacao-micropercussao/>. Acesso em: 02 nov. 2025.
- [13] SAP, O que é SAP. [s.d.]. Disponível em: <https://www.sap.com/brazil/about/what-is-sap.html>. Acesso em: 03 nov. 2025.
- [14] ALTUS, clp xp325. [s.d.]. Disponível em: <https://suporte.altus.com.br/hc/pt-br/articles/7250253521677-Nexto-Xpress-Primeiros-Passos>. Acesso em: 04 nov. 2025.
- [15] KEYENCE, Cortina de luz. [s.d.]. Disponível em: <https://www.keyence.com.br/products/safety/light-curtain/gl-r/specs/>. Acesso em: 05 nov. 2025.
- [16] ALTUS, Fonte de alimentação. [s.d.]. Disponível em: <https://www.altus.com.br/produto/eg1535-m/>. Acesso em: 07 nov. 2025.
- [17] ALTUS, ihm. [s.d.]. Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/513/conheca-a-nova-geracao-de-ihms-da-linha-x2-base/>. Acesso em: 12 nov. 2025.
- [18] THOMAZINI, Daniel ALBUQUERQUE, Sensores. PEDRO, U. B. Sensores fundamentos e Aplicações. 5ª ed. São Paulo,(UNESP), saber eletrônica. São Paulo: Editora Saber, n. 405.
- [19] ALBERTO, J. V. R. Sensores e sua importância: descrição e uso na Indústria 4.0. 2023. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2023.
- [20] WEG, Sensores capacitivos. [s.d.]. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriais-e-Fontes-de-Alimenta%C3%A7%C3%A3o/Sensores-Industriais/Sensores-Capacitivos/Sensores-Industriais---Sensores-Capacitivos/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSOR_S_CAPACITIVE_SENSORS. Acesso em: 04 nov. 2025.
- [21] PAHC, sensor indutivo. [s.d.]. Disponível em: <https://pahcautomacao.com.br/produto/sensor-indutivo-e2b-m12ks04-m1-c2-omron/>. Acesso em: 12 maio 2026.
- [22] MATTEDE, Henrique. Sensores indutivos e capacitivos: [s.d.]. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-indutivos-capacitivos-caracteristicas-funcionamento/>. Acesso em: 12 maio 2026.
- [23] OMROM, Cortina de luz. [s.d.]. Disponível em: <https://automation.omron.com/pt/br/products/families/safety-light-curtains?filters=type==product&filters=category==safety-light-curtains&pageSize=10>. Acesso em: 01 de jun. de 2026.
- [24] SIEMENS, clp. [s.d.]. Disponível em: https://www.siemens.com/en-us/products/simatic/s7-1200-g2/?utm_source=website. Acesso em: 26 de jul. de 2025.
- [25] SIEMENS, clp. [s.d.]. Disponível em: https://virtumaq.com/products/maquina-de-de-corte-e-gravacao-a-laser-fiber-laser-100w?variant=51579184513156&country=BR¤cy=BRL&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&srsId=AfmBOoom6DJWtRm3Ck9d0zNcMWt3_HgpUxHCKonQ2E9TF-nE58-1URi4ebI. Acesso em: 26 de jul. de 2025.
- [26] KEYENCE, Laser. [s.d.]. Disponível em: https://www.keyence.com/products/marker/laser-marker/md-f3100_5100/. Acesso em: 26 de maio. de 2026.

DADOS BIOGRÁFICOS

Jordani Cleveston, nascido em 20/08/1989 em Ajuricaba-RS, é Técnico em Mecatrônica (2016) pelo Colégio Evangélico Panambi. Atualmente é aluno do curso de Tecnologia em Automação Industrial (TAI 02) do IFFAR Panambi-RS. Suas áreas de interesse são: Automação industrial, robótica, gestão da manutenção, Indústria 4.0, Programação de CLP e Sistemas hidráulicos e pneumáticos.