

# RETROFITTING PARA AUTOMAÇÃO DE MÁQUINA DESTINADA A ABER- TURA DE FERRAMENTAS DE ESTAMPO

Douglas Muller<sup>1</sup>, Julian Cezar Giacomini<sup>2</sup>

Instituto Federal Farroupilha Campus Panambi, Panambi-RS, Brasil

<sup>1</sup>Discente do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, <sup>2</sup>Professor Orientador

**Resumo** – Produzir seus produtos com qualidade é fundamental para se manter competitivo no mercado, para isso é preciso ter máquinas automatizadas, modernas, bem planejadas e funcionários qualificados para atender com eficiência as demandas de produção. Uma alternativa ao alto custo de aquisição de um equipamento novo, é realizar um processo de *retrofitting* na máquina que se deseja manter em uso. Este processo envolve a melhoria da capacidade de produção, dando à máquina as suas características originais, bem como quaisquer melhorias em relação ao que foi originalmente planejado. Além disso, ao realizar esse processo, reduz-se a probabilidade de quebras inesperadas da máquina por falha de equipamento ou componentes, aumentando a disponibilidade da máquina. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar o planejamento, desenvolvimento do projeto e programas de um *retrofitting* de uma máquina em uma fábrica da indústria metalúrgica. A decisão pelo *retrofitting* foi tomada devido à economia de custos em relação à compra ou construção de uma nova máquina. O objetivo desta automação é tornar os processos realizados por essa máquina mais seguros, confiáveis e eficientes, pois é fundamental manter a disponibilidade da máquina para o processo de fabricação, mostrando o planejamento, desenvolvimento, definição de materiais e simulações de software para a execução de um projeto de *retrofitting*.

**Palavras-Chave** – Automação Industrial, Abridor de Ferramentas, Segurança, *Retrofitting*.

## RETROFITTING FOR AUTOMATION OF MACHINE DESIGNED FOR OPENING STAMPING TOOLS

**Abstract** – Producing products with quality is essential to remain competitive in the market, to do this are required automated, modern, and well-planned machines and also qualified employees to efficiently meet the production demands. An alternative to the high cost of acquiring new equipment is to carry out a retrofitting process on the machine that you want to keep in use. This process involves improving production capacity, giving the machine its original characteristics, as well as any improvements over what was originally planned. In addition, by performing this process, the probability of unexpected machine breakdowns due to equipment or component failure is reduced, increasing machine availability. In this context, the present work aims to demonstrate the design, project, development, and implementation of a retrofitting of a machine in a metallurgical factory. The decision to retrofitting was made due to cost savings over buying or building a new machine. The purpose of this automation is to make

the processes carried out by this machine safer, more reliable and efficient, as it is essential to maintain machine availability for the manufacturing process, showing the design, development, definition of materials, and software simulations for the execution of a retrofitting project.

**Keywords** –Industrial Automation, Tool Opener, Security, *Retrofitting*.

## NOMENCLATURA

CLP	Controlador lógico programável
IHM	Interface homem máquina
MTTR	Tempo médio de reparo
STO	Safe torque off
PWM	Modulação por largura de pulso
CANopen	Protocolo de comunicação serial síncrono
CC	Corrente contínua
CA	Corrente alternada
VCA	Tensão em corrente alternada
VCC	Tensão em corrente contínua
A	Ampère
RPM	Rotações por minuto
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
ETHERNET	Internet protocol address
TI	Tecnologia da Informação
NR12	Norma regulamentadora 12, Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos

## I. INTRODUÇÃO

Em grandes indústrias metalmeccânicas que possuem máquinas complexas, é necessário que existam condições de trabalho adequadas para atingir seu desempenho máximo. Quando uma empresa precisa aumentar a produção de uma máquina, devido ao aumento da demanda, atender novas características do produto, questões de segurança operacional ou limitações funcionais, tem-se três opções: compra de máquina no mercado, construção ou modernização de uma máquina existente.

Em qualquer uma dessas alternativas, temos a obrigatoriedade de ter essa máquina adequada a NR12, também conhecida como Norma Regulamentadora 12, que foi criada pelo Ministério do Trabalho e trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos [1]. Ela define os requisitos de segurança básicos para operação, manutenção e instalação de máquinas e equipamentos industriais. A norma tem como objetivo principal garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores que atuam com máquinas e equipamentos, minimizando os riscos ocupacionais e evitando acidentes. Ela se

aplica a todas as empresas que tenham máquinas e equipamentos em seu ambiente de trabalho, independentemente do setor de atuação.

Para a aquisição de uma máquina nova, a empresa terá diversos gastos, bem como transportes logísticos, ajustes de layout, instalação na linha de produção e treinamento de seus funcionários. Em conjunto com as áreas de projeto mecânico, elétrico e produção, sempre é necessário avaliar cada situação individualmente, para então optar pela melhor opção. Fazer a atualização da máquina reduz a probabilidade de esta precisar de manutenção corretiva quando apresenta mal funcionamento ou quebra. Fazer o *retrofitting* da máquina consiste em reformar e modernizar suas peças e equipamentos, substituindo peças mecânicas desgastadas. O *retrofitting* (reforma) em equipamentos, máquinas ou sistemas é um procedimento moderno, efetivo e com custo inferior ao de novas aquisições [2]. Torna-se interessante nesse cenário quando pode-se aplicar algumas melhorias, tais como: substituição de motores elétricos com baixos índices de rendimento e alto consumo de energia elétrica, equipamentos elétricos e mudança de equipamentos de automação que deixaram de ser produzidos ou foram substituídos por outro modelo pelo fabricante, possibilidade de integração e comunicação com a Indústria 4.0 [3], introdução de acionamentos para executar processos automaticamente, reduzindo os tempos de processo e aumentando a qualidade do produto em conjunto com um aumento na confiabilidade e disponibilidade.

Diante desses três cenários, é razoável concluir que o *retrofitting* é a melhor opção financeira porque o retorno ocorre em um horizonte de tempo de curto a médio prazo, e o conhecimento da máquina se mantém com os próprios funcionários da empresa. Outros benefícios imediatos que um *retrofitting* oferece são [4]:

- Substituição de processos manuais por processos automatizados;
- Redução dos períodos de setup;
- Redução de parada para manutenção;
- Facilidade de operação, substituindo-se processos complexos por interfaces mais intuitivas;
- Operação com segurança;
- Melhorias no sistema mecânico;
- Atendimento a novas demandas de produção;
- Conhecimento da programação da máquina, evitando custos com possíveis alterações ou melhorias no funcionamento;
- Aumento da produtividade da máquina.

Com o objetivo de realizar o *retrofitting* da máquina de abrir ferramentas e obter o melhor custo-benefício para o negócio, foram analisados quais materiais elétricos e componentes de automação atualmente disponíveis no mercado atendem a essa necessidade.

Este trabalho será realizado na máquina apresentada na Figura 1, para uma empresa do ramo metalmeccânico que fabrica peças para o segmento automotivo, rodoviário, agrícola e de construção.

O principal objetivo é automatizar a máquina para atender os requisitos operacionais com segurança, integração com nível de TI, evitar acidentes, melhorar a ergonomia, ter facilidade de operação, criar na IHM telas intuitivas com possibilidade de operação manual e automática e geração de alarmes e



Fig. 1. Situação atual do abridor e talha.

diagnóstico para manutenção. Assim possibilitando ao operador acesso para execução dos trabalhos na ferramenta conforme Figura 2, tendo assim equipamentos instalados que possuem reposição no mercado.

As principais etapas de automação para realizar o *retrofitting* na máquina de abrir ferramentas são:

- Analisar quais os materiais elétricos e componentes de automação comercializados hoje no mercado que atendem essa atualização tecnológica;
- Definir quais os materiais e componentes de automação a serem utilizados;
- Controlar e monitorar todos os acionamentos da máquina como: cilindros hidráulicos, motoredutor, cilindros pneumáticos, válvulas, sensores, transdutores e régua de medição;
- Desenvolver o esquema elétrico do quadro de comando;
- Construção da arquitetura de rede que será utilizada entre os equipamentos;
- Montar o Quadro de Comando baseado no esquema elétrico desenvolvido;
- Desenvolver o programa do CLP, IHM, CLP de segurança e inversor de frequência;
- Realizar a instalação do Quadro de Comando e todos os periféricos na máquina;
- Garantir todo acionamento com segurança, adequando a máquina a NR12.



Fig. 2. Exemplo de ferramenta de estampo aberta.

## II. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

A máquina de abrir ferramentas serve como bancada de testes, conhecida como *tryout*, e manutenção de ferramentas de estampo, tais ferramentas são usadas em prensas hidráulicas do processo de transformação de metais da indústria metal mecânica. As ferramentas de estampo usadas nessa empresa possuem até 20 toneladas e são compostas de uma placa base e de uma placa superior. Para o trabalho ser executado com segurança têm-se a necessidade de possuir um local apropriado para sua abertura, além de gerar acesso aos pontos de execução dos processos no produto.

Com a máquina atual têm-se alguns problemas e limitações, o que motivou a realização desse projeto, tais como:

- Componentes mecânicos desgastados, gerando desalinhamento quando opera com cargas maiores, gerando frequentes paradas;
- Processo de posicionamento do martelo é realizado manualmente, levando mais tempo para o posicionamento e tendo risco de danificar a máquina ou ferramenta, pois é possível o operador aproximar o martelo da ferramenta em alta velocidade, sendo que o correto é fazer uma troca de velocidade quando estiver próximo do contato entre as partes;
- Problemas de isolamento do painel, gerando entrada de sujeira a algumas queimas de equipamentos, situação atual conforme Figura 3;
- Possui componentes de automação sem conectividade e fora de produção no mercado, como o CLP, a IHM, e o inversor de frequência que controla a velocidade do motor, conforme apresentado na Figura 4;
- Interface operacional da máquina e operador é pouco intuitiva;
- Não possui laudo de NR12;
- Unidade hidráulica não possui bloco de segurança com válvulas monitoradas, o qual é um ponto exigido pelo NR12;
- Limitação de entrada de ferramentas novas na máquina, na largura e na base de fixação;
- Utilização de talha para auxílio na subida do martelo.

O painel de controle está em mau estado de conservação, com falta de peças, cabos sem identificação das anilhas dos condutores e projeto elétrico desatualizado, esses problemas aumentam o índice do tempo de manutenção (MTTR), que mede quanto tempo a máquina ficou parada durante manutenção.

Ao longo do tempo, o isolamento dos cabos e componentes dentro do painel elétrico pode se deteriorar devido a exposição a variações de temperaturas, vibrações, umidade ou fatores ambientais adversos. A falta de isolamento adequado pode resultar em curto-circuitos, riscos elétricos, mau funcionamento de equipamentos ou até mesmo incêndios, portanto, é fundamental manter os painéis elétricos em boas condições e realizar inspeções regulares para garantir a segurança e o desempenho adequado do sistema elétrico. Vedações malfeitas ou defeituosas podem permitir a entrada de umidade, poeira ou sujeira no painel, comprometendo o isolamento e causando problemas elétricos.

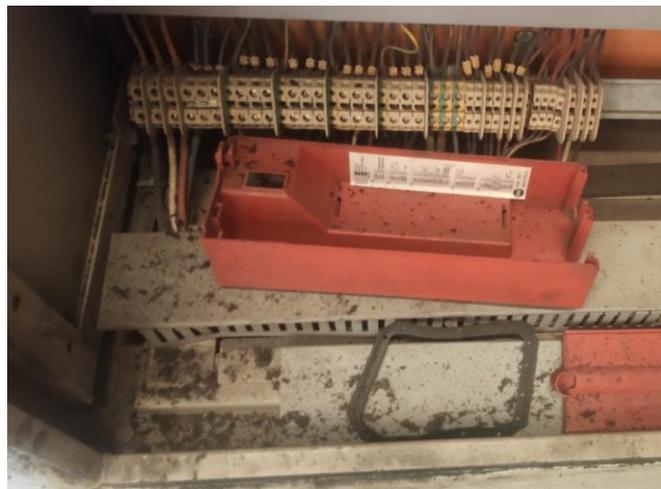


Fig. 3. Problemas de vedação no painel.



Fig. 4. Situação atual do painel.

Diante deste cenário da necessidade de melhorar o desempenho, aumentar a segurança, reduzir custos operacionais, adaptar a máquina para novas necessidades, prolongar a vida útil e incorporar recursos de integração e conectividade, a empresa optou por realizar o *retrofitting* da máquina de abrir ferramentas, visando entregar para a linha de produção uma máquina capaz de atender as demandas de produção com qualidade, segurança garantindo o cumprimento das normas de segurança atualizadas, confiabilidade e mais produtividade.

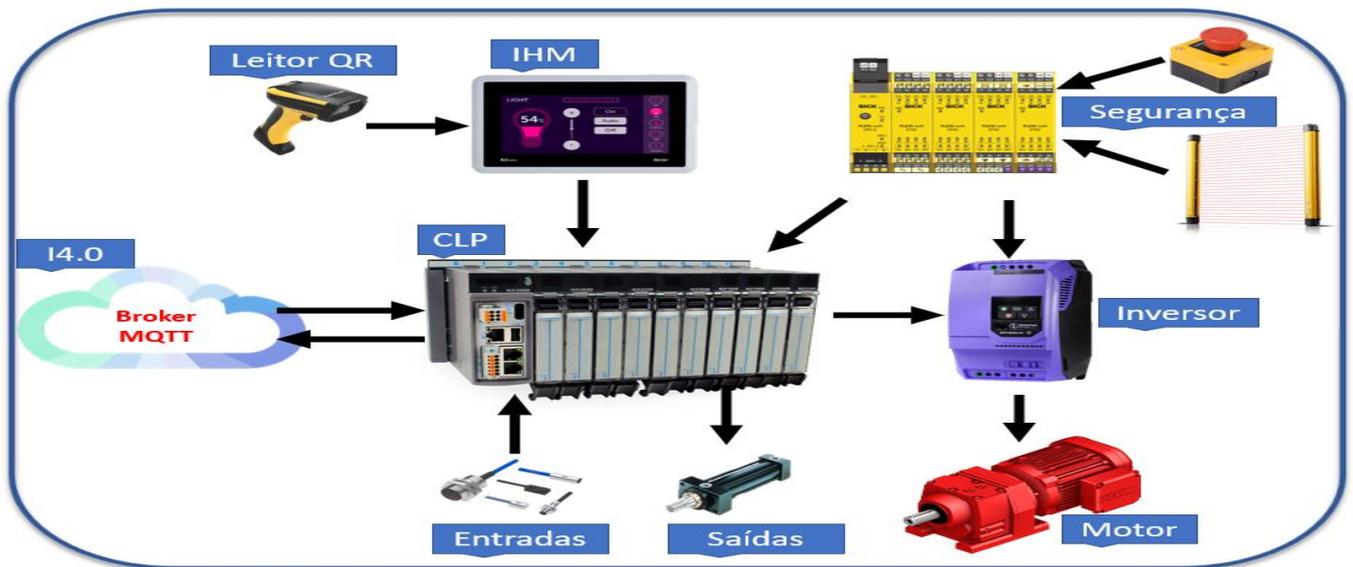


Fig. 5. Panorama geral do sistema.

Um dos fatores importantes nessa tomada de decisão foi o fato da empresa possuir toda a capacidade técnica e profissional para realizar este trabalho, pois todo o projeto mecânico e elétrico foi desenvolvido internamente, com a união das equipes de projetos de ferramentaria e da área de automação industrial, que além de realizarem todo o projeto em conjunto, irão efetuar a montagem e teste dos novos equipamentos da máquina na linha de produção. Utilizando as equipes, estrutura e máquinas disponíveis na empresa, pretende-se diminuir consideravelmente o tempo da realização do *retrofitting* comparado ao tempo de fabricação e entrega de uma máquina nova ou da contratação de uma empresa terceirizada para realizar este trabalho, pois o prazo de entrega de uma máquina nova desde projeto até instalação é de 8 meses, e no caso do retrofit interno esse tempo cai para 5 meses.

### III. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo bibliográfico para compreender o avanço e a importância da atualização de tecnologia de máquinas buscando integração com a indústria 4.0 [5], adequações de segurança necessárias, equipamentos com comunicação CANopen, Ethernet-IP, sensores de medição Sick, primando sempre por equipamentos modernos, com conectividade e segurança com nível de categoria 4. Além disso, foram realizadas entrevistas com o projetista mecânico, operadores e gestores dos sistemas que são utilizados atualmente, buscando identificar lições aprendidas e oportunidades de melhoria. Essas entrevistas visam responder perguntas sobre a experiência dos gestores e usuários no uso de sistemas existentes, formas para tratamento de problemáticas de falta de acesso, e sua percepção sobre as carências e as expectativas para o caso de uma nova máquina.

Também será realizada uma análise das funcionalidades e carências dos modos de operação atualmente disponíveis [6], com especial atenção às telas de operação e intertravamentos de comandos. Com base nos dados levantados, foram desenvolvidos aplicativos de interface para atender a demanda existente.

### IV. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO

Após a conclusão do projeto mecânico, com todas as funcionalidades e conceitos definidos, foram detalhados tópicos relativos à automação da máquina.

Os equipamentos elétricos que irão comandar a máquina de abrir ferramentas e servir de interface entre o operador e a máquina devem ser previamente escolhidos para a realização do projeto do novo quadro de comando, Figura 5. O equipamento escolhido deve atender às necessidades da máquina, mantendo suas características operacionais, além de proporcionar segurança ao operador e confiabilidade da máquina.

Levando isso em consideração, foram escolhidos os equipamentos e realizados detalhamentos técnicos conforme descrito nos parágrafos seguintes. Estes incluem sistema de segurança, inversor de frequência, CLP, IHM, encoder de medição externo, projeto elétrico e programação offline.

a) NR12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos: estabelece uma série de requisitos e medidas de segurança que devem ser adotados pelas empresas [1], tais como:

- Projetar, construir e instalar máquinas e equipamentos de acordo com as normas técnicas aplicáveis [7];
- Realizar a manutenção adequada das máquinas, garantindo seu bom funcionamento;
- Capacitar e treinar os trabalhadores que irão operar as máquinas, fornecendo instruções sobre o uso correto e seguro;
- Adotar dispositivos de segurança nas máquinas, como proteções fixas e móveis, sistemas de parada de emergência, entre outros;
- Realizar inspeções periódicas nos equipamentos, verificando sua segurança e funcionamento;
- Estabelecer procedimentos de trabalho seguros, com instruções claras para os trabalhadores;
- Garantir que as máquinas possuam sinalização adequada, indicando os riscos e as medidas de segurança necessárias.

A não conformidade com os requisitos estabelecidos na NR12 pode resultar em penalidades para as empresas, como multas e interdição das máquinas. Além disso, é importante destacar que a Norma está sujeita a atualizações e revisões, portanto, é essencial que as empresas estejam sempre atualizadas quanto às exigências vigentes. Como base nisso, foi dado seguimento as demais etapas do projeto, primando sempre pela segurança operacional.

Um item de segurança que é aproveitado na execução do *retrofitting* é o controlador de segurança FlexiSoft, sua memória e seus módulos de IO *safety*, ambos do fabricante Sick. Esses equipamentos são responsáveis pela interface de segurança, controle das cortinas, emergências, monitoramento do bloco de segurança e STO dos inversores, faz a interface e bloqueio com o CLP da máquina. Esse controlador já está instalado na máquina, e por ser confiável e compatível com estrutura atual será aproveitado neste projeto. Ele comunica-se com CLP através de sinais digitais.

**b) Inversor de frequência:** Para que o acionamento e o controle de velocidade dos motores ocorram com precisão e baixo consumo de energia [8], os parâmetros mais importantes que podem ser ajustados são a velocidade de movimentos e as rampas de aceleração e desaceleração. Uma das maneiras mais eficazes de fazer isso é controlar a velocidade de um motor assíncrono trifásico.

Os motores de indução trifásicos, tem a velocidade de rotação determinadas pela frequência das correntes de armadura induzidas, a equação (1) mostra que a velocidade angular síncrona é diretamente proporcional à frequência elétrica da tensão de armadura aplicada e inversamente proporcional ao número de polos do motor [9], ou seja:

$$\omega_s = \left(\frac{2}{p}\right) * \omega_e \quad (1)$$

Onde:

- $\omega_s$  é a velocidade angular (rad/s),
- $\omega_e$  é a frequência angular (rad/s),
- $p$  é o número de polos do motor.

Considerando as características de um motor de indução trifásico, a forma de controlar um motor com essas características é alterar sua velocidade ajustando a frequência e a tensão fornecida a ele. Este controle pode ser obtido através de um inversor de frequência, conforme equação 2. Mesmo que o controle de frequência seja o método principal para regular a velocidade do motor CA, alguns inversores de frequência também ajustam a amplitude da corrente alterada da corrente saída para fornecer um controle mais preciso. Isso é feito por meio da variação da tensão da corrente alternada.

$$n_s = \left(\frac{120}{p}\right) * f_e \quad (2)$$

Onde:

- $n_s$  é a velocidade síncrona do motor (rpm),
- $f_e$  é a frequência elétrica aplicada no estator (Hz),
- $p$  é o número de polos do motor.

Ao controlar as portas do bloco "Inversor", é possível produzir formas de onda de tensão e amplitude variáveis através

da modulação por largura de pulso (PWM). Isso é feito aplicando uma tensão trifásica em corrente alternada na entrada do inversor. Como resultado, a frequência das formas de onda do inversor pode ser naturalmente alterada variando a frequência de chaveamento das chaves do inversor. A Figura 6 - mostra o princípio de funcionamento do inversor:

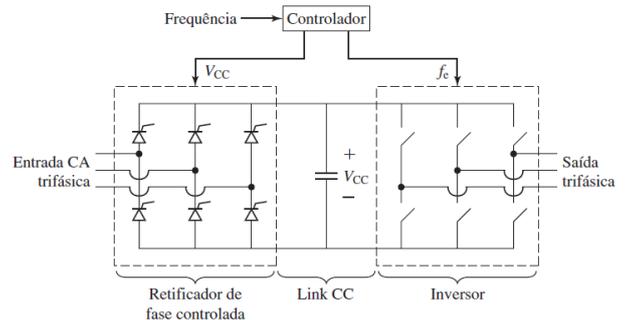


Fig. 6. Estrutura do Inversor com fonte de tensão trifásica [9].



Fig. 7. Programação inversor de frequência da série Optidrive.

Para o controle dos motores do carro, da talha e da bomba, a escolha para os inversores foi da série Optidrive P2 do fabricante Altus, Figura 7.

Esta série de equipamento já conta com filtro EMC incorporado, STO, controle PI, comunicação MODBUS RTU CANopen, conectividade via bluetooth para monitoramento e parametrização entre outras características.

**c) Controlador lógico programável:** O CLP utilizado para esta aplicação foi o CLP Nexto NX3005, que foi criado pelo fabricante Altus, empresa com um longo histórico na produção de equipamentos e produtos para automação, tornando seus produtos muito confiáveis e duráveis em aplicações industriais. Essa linha CLP possui uma estrutura interna relativamente pequena que facilita a montagem no painel de controle e maximiza o espaço, conforme mostra a simulação prática da Figura 8.

Os produtos dessa linha de CLP NX são fabricados para controlar sistemas industriais, máquinas, linhas de produção de alta qualidade e os mais avançados processos da Indústria 4.0 de forma distribuída e redundante. Esses produtos têm excelente desempenho de processamento e capacidade de expansão em bastidores. Sua arquitetura permite integração simples com redes de monitoramento, controle e campo, bem como redundância de CPU, fonte de alimentação, conectividade e confiabilidade. Pensando em otimizar possíveis paradas para manutenção corretiva, os equipamentos também fornecem diagnósticos avançados e troca a quente, possibilitando um trabalho focado somente onde está apresentando alguma anormalidade, minimizando ou eliminando paradas para manutenção e garantindo a continuidade do processo produtivo.

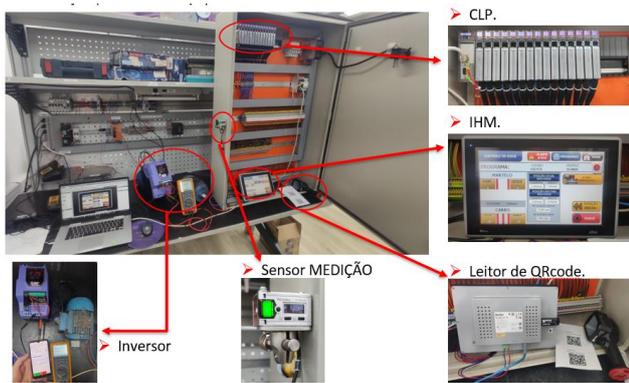


Fig. 8. Simulação de software com os equipamentos conectados.

As seguintes especificações foram levadas em consideração na escolha do CLP:

- Software de desenvolvimento gratuito;
- Alta confiabilidade do suporte técnico;
- Diversas linguagens de programação disponíveis: Texto Estruturado (ST), Diagrama Ladder (LD), Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC), Diagrama de Blocos Funcionais (FBD), Gráfico Contínuo de Funções (CFC);
- Diversos protocolos de comunicação: OPC DA/UA, PROFINET, SNMP, CANopen, MQTT e EtherNet/IP;
- Relógio de tempo real (RTC);
- Resolução de entrada e saída analógica 16bits;
- Possibilidade de criar aplicação via Webserver;
- Facilidade de expansão de módulo de entradas e saídas digitais ou analógicas.
- Entradas e saídas opto isoladas;
- Entradas analógicas RTD;
- Entradas e saídas analógicas (tensão/corrente).

d) Interface homem máquina: A IHM escolhida para esta aplicação foi a X2-BASE-10, desenvolvida pelo fabricante Altus, com tela sensível ao toque colorida de 10 polegadas, gráficos de alta qualidade, comunicação com múltiplos dispositivos de automação e bastante intuitiva devido às facilidades de recursos de engenharia programáveis e utilizáveis, conforme mostra a Figura 9.

Suas principais características são:

- Hardware de alto desempenho;
- Interface de comunicação Ethernet 10/100;
- Interfaces de comunicação RS232, RS485 e USB;
- Backlight de longa duração;
- Tecnologia TFT para ajuste do brilho e contraste;
- Visor widescreen;
- Diversos templates de banco de dados no software, para criar aplicações complexas e customizadas de forma ágil e rápida;
- Simulação online e offline;
- Softwares sem custo de licença;
- Suporte técnico sem custo;
- Funções de criação de receitas, para armazenar parâmetros específicos de acordo com cada ferramenta;
- Possibilidade de controlar níveis de usuários;
- Envio de e-mail com alarmes e ou relatórios;
- Suporte a acesso remoto (VNC).



Fig. 9. Tela de operação modo automático da IHM X2 Base 10.

e) Encoder de medição com espia: Para medir a posição de cada uma das torres decidiu-se usar um sistema de medição externo com encoder e espia modelo PRF08-A1AM0240 do fabricante Sick, a escolha por esse modelo é em virtude da sua precisão e robustez. Este sensor é responsável por medir a distância de cada uma das torres em relação a base, esse sistema é necessário para garantir uma malha fechada de posicionamento entre as torres, mantendo o paralelismo entre torre e ferramentas, evitando que se tenha desalinhamentos mecânicos e possíveis quebras de fuso ou buchas. O sinal dessa medição chegou até o CLP através da rede ethernet-IP existente entre eles. Na Figura 10 temos a imagem do sistema de medição externo.



Fig. 10. Modelo de encoder com enrolador de espia.

f) Projeto Elétrico: O projeto elétrico do painel de comando da máquina de abrir ferramentas foi desenvolvido com o software de desenho de projetos AUTOCAD. O projeto elétrico e o leiaute do fundo do painel de controle foram iniciados após o conhecimento dos equipamentos de automação e materiais elétricos que seriam utilizados, como mostra a Figura 11, foram buscados os desenhos 2D de todos os equipamentos para compor com precisão a montagem dos componentes no espaço definido.

O projeto elétrico com todas as ligações definidas, dimensionado e devidamente identificado, foi organizado na seguinte sequência de páginas:

- Capa: dados identificação do projeto;
- Layout: para execução de montagem, com todas as cotas informadas;
- Páginas 01 a 03: diagrama de força;

- Páginas 4 a 6: entradas digitais, Figura 12;
- Páginas 7 a 9: saídas digitais;
- Páginas 10 a 11: entradas analógicas e saídas analógicas;
- Página 12: redes de comunicação;
- Páginas 13 a 15: comandos de acionamentos de relés e válvulas;
- Páginas 16 a 21: entradas e saídas segurança;
- Páginas 22 a 24: intertravamentos e sinalização.

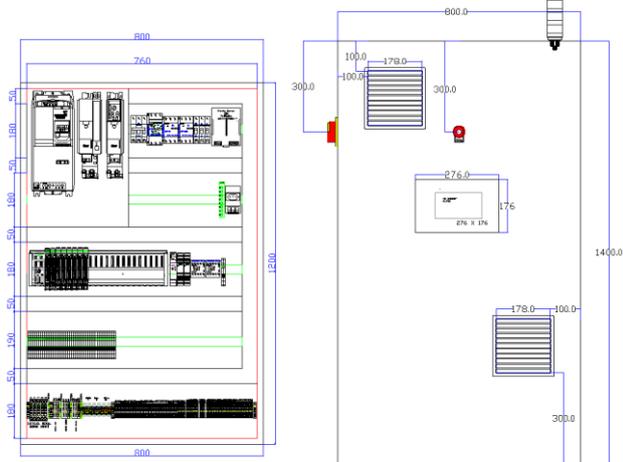


Fig. 11. Leiaute do painel elétrico.

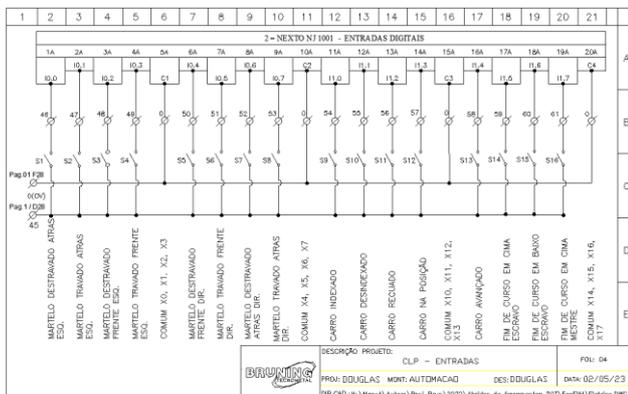


Fig. 12. Projeto elétrico de um módulo de entradas digitais.

g) Programação dos equipamentos: Após a conclusão do projeto elétrico, iniciou-se a programação dos componentes de automação usados nesse *retrofitting*. Quando se trata de componentes de automação como CLP, IHM, inversores e CLP de segurança, seus programas são desenvolvidos em sua maioria em softwares dedicados a esses componentes, fazendo com que existam softwares para cada marca ou tipo de equipamento.

- Programação CLP: Para programar o CLP foi utilizado o software MasterTool IEC XE, Figura 13. A linguagem de programação utilizada para esta aplicação foi Ladder, que é bastante utilizada no meio industrial, por possuir uma interface dinâmica e amigável as manutenções devido à similaridade com comandos elétricos, a programação será feita de forma dedicada para essa aplicação de acordo com os recursos necessários.

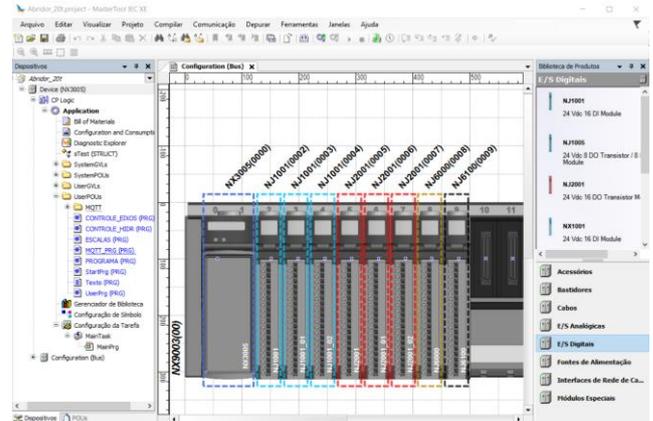


Fig. 13. Visão geral software CLP MasterTool IEC XE e configuração do barramento no bastidor.

- Programação IHM: Para programar a IHM foi utilizado um software chamado iX Developer, que o fabricante disponibilizou, Figura 14. Para a importação das tags deste equipamento foi utilizado o arquivo "xml" com a lista de parâmetros gerados pelo MasterTool IEC XE. Esta ferramenta é utilizada pelo programador para configurar os objetos das telas da IHM, organizando os elementos como botões e indicadores e movimentando-os de acordo com as variáveis configuradas na Ladder do CLP. A porta Ethernet da IHM deve ser configurada para se comunicar com o CLP sendo colocada na mesma faixa de IP do CLP.



Fig. 14. Visão geral software IHM iX Developer e tela menu principal.

- Programação CLP de segurança: Para programar este controlador, foi utilizado o software Flexi Soft Designer, Figura 15. Esse equipamento foi programado com uma linguagem de programação simples e didática chamada "programação em blocos", que permite ao programador acompanhar o funcionamento da lógica em tempo real após a programação. As entradas e saídas digitais utilizadas devem ser configuradas de acordo com cada função antes da criação do programa.

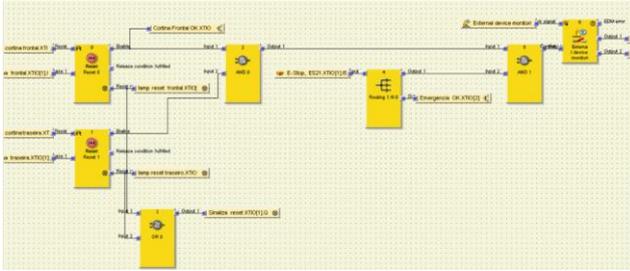


Fig. 15. Programa em blocos do CLP de segurança.

A determinação de pontos de entrada, senhas, requisitos de segurança, lógica de controle e sequências operacionais desejadas fazem parte da programação do FlexiSoft. Além disso, é possível fazer uso de funções específicas de segurança como monitoramento de velocidade, sinalização de parada de emergência, circuitos de segurança e outras ferramentas oferecidas pelo FlexiSoft.

## VI. RESULTADOS

Após a conclusão do projeto elétrico, foram relacionados e orçados os materiais e equipamentos necessários para montar o painel de controle e instalá-lo na máquina, a lista desses itens pode ser vista na Tabela 1.

Sobre a colocação em prática deste projeto, no final de 2022 obteve-se a aprovação deste investimento para o próximo semestre, porém em no ano de 2023 a empresa está enfrentando uma redução de faturamentos devido à baixa demanda vinda de nossos clientes, assim foi solicitado para postergar este investimento até as previsões de faturamento voltarem ao normal, o que está previsto para o terceiro trimestre deste ano de 2023. O novo projeto mecânico foi desenvolvido e também já está concluído, conforme podemos observar no desenho 3D da Figura 16.

Todo o processo interno dos pedidos de compra de todos os materiais necessários para a instalação e montagem do painel serão realizados após a liberação do valor necessário. O procedimento continuará quando o material chegar nas seguintes etapas:

- Instalação do painel de controle de acordo com o projeto elétrico, instalando o layout e montando os componentes elétricos e equipamentos de automação na placa de montagem, como seccionadores, contadores, CLP, controladores de segurança, inversores e fonte 24VCC. Nesta fase também será colocado no painel a IHM, os botões de emergência e partida, a chave de seccionamento e a torre de sinalização de segurança.
- Ligação dos circuitos de força e comando.
- Ligação comunicação entre equipamentos.
- Energização do painel e testes em bancada com programas que já estão previamente criados.
- Testes de todos os acionamentos em modo manual de forma individual sem intertravamentos.
- Testes de todos os acionamentos em modo automático, seguindo a sequência lógica definida.
- Testes práticos de envio de alarmes por e-mail.
- Treinamento dos operadores e equipe de manutenção com a nova interface gráfica e suas funcionalidades.

Tabela 1. Relação de materiais e valores de orçamentos realizados.

Item	Qtd	MATERIAL NECESSÁRIO	FORNECEDOR	Valor Unitário	VALOR (Com IPI)
1		MATERIAIS GERAIS PARA MONTAGEM DO PAINEL		R\$ 8.400,00	R\$ 9.726,20
2	70	RELE INTERFACIA 12/24VCA/24VCC CR5012024VADC1SS 15VR405521R3100 ABB		R\$ 40,99	R\$ 4.982,48
3	1	CHAVE SECC 28A 57W30293 A7B18001315424	Dimensional	R\$ 119,81	R\$ 138,21
4	6	CONTADOR ALI 38A+TIF 24VCC CA38A180 SCHNEIDER		R\$ 95,00	R\$ 525,14
5	1	SWITCH PI REDE ETHERNET SFNB 8TX		R\$ 1.483,59	R\$ 1.714,29
6	6	Chave Fim Curso Metal Alavanca Rolote 1na+Tnf XDKM115 - SCHNEIDER		R\$ 263,20	R\$ 1.579,20
7	40	Cabo Helukabel JZ-500 6108 5 GMM		R\$ 50,00	R\$ 2.000,00
8	40	Cabo Helukabel JZ-500 12x0 5mm² 18014	Helukabel	R\$ 13,50	R\$ 540,00
9	40	Cabo flexível 4x2,5		R\$ 20,00	R\$ 800,00
10	1	IN3005 LCP de alta velocidade 1		R\$ 5.224,74	R\$ 6.280,45
11	1	IN3003 Resistor 24 posições		R\$ 2.943,35	R\$ 3.299,85
12	3	IN1801 Módulo 16 ED 24 Vdc		R\$ 790,16	R\$ 2.726,05
13	3	IN2001 Módulo 16 SD 24 Vdc		R\$ 959,48	R\$ 3.101,21
14	1	IQ-PRO 19 Terminal de operação		R\$ 5.928,76	R\$ 6.703,07
15	1	Fonte de alimentação chaveada monofásica, 24Vdc, 10A ADP-24V-10A	Atlas	R\$ 591,35	R\$ 591,35
16	1	Módulo entrada analógica encoder externo		R\$ 3.550,00	R\$ 3.550,00
17	1	Módulo saída analógica controle das proporcionais		R\$ 3.922,00	R\$ 3.922,00
18	1	Inversor 380V 15CV ODP-2.34150-3HF-42-SN		R\$ 7.012,28	R\$ 7.012,28
19	2	TORRE TL 50B-GV9Q - Sensor Sinalizador		R\$ 242,00	R\$ 484,00
20	2	Cabo AL-W44-K-52076 - Cabo PUR M12 4P fêmea reto 5m	Sansonella	R\$ 64,99	R\$ 129,98
21	2	PRF08-A1AMQ240 WIRE DRAW ENCODER IN	SICK	R\$ 8.778,12	R\$ 17.556,24
22	120	Ela de Estaca ponta cabo 3400 125 150 0	IGUS	R\$ 39,17	R\$ 6.680,40
23	1	Sensor laser LA-TD0900C		R\$ 1.127,96	R\$ 1.267,96
24	1	LEITOR MANUAL DE CODIGO 1D/2D SR-G100		R\$ 7.565,71	R\$ 8.788,71
25	2	Cortina de Seg. 1440mm/25mm GL-R72H Keyence	KEYENCE	R\$ 4.380,00	R\$ 9.387,00
26	4	Cabo c/ conector 18m M12 (5 pinos) GL-HP18P Keyence		R\$ 350,00	R\$ 1.400,00
27	2	Treco de segurança sem contato tipo padão PNP M12 GS-11PC		R\$ 825,00	R\$ 1.650,00
28	1	Validações e Laudo de Segurança NR12	GLOBAL	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
29	2	CONJUNTO DE EXAUSTÃO CVT31024R72E	TASCO	R\$ 452,68	R\$ 905,36
30	2	CONJUNTO DE VENTILAÇÃO CVT31024R72V	TASCO	R\$ 452,68	R\$ 905,36
31	1	Contratação de mão obra para instalações	Tecseo	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 119.585,85</b>

## VII. CONCLUSÕES

Conhecer o estado atual da máquina permitiu um diagnóstico de suas necessidades e áreas de melhoria em potencial. Foi necessário desenvolver um novo projeto elétrico para o painel de controle que incluiu uma nova interface gráfica do usuário entre o operador e a máquina. Possibilitando substituir os comandos manuais do operador por comandos automáticos, com medição externa da altura das torres para segurança do alinhamento automático via sensor de medição.

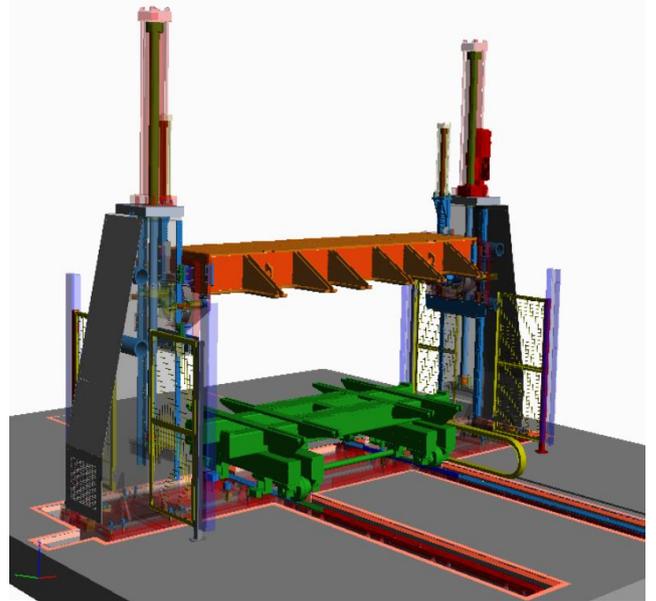


Fig. 16. Imagem 3D do novo projeto mecânico.

Buscando disponibilizar para a linha de produção a máquina de abrir ferramentas em condições de funcionamento e impactando no menor tempo possível de máquina parada, foram utilizadas as ferramentas de simulação disponíveis nos softwares de programação do CLP e da IHM, dessa forma, conforme mostra Figura 17, foi possível verificar e simular o funcionamento de todo controle operacional que foi programado, possibilitando fazer todos os ajustes funcionais e de telas necessários. Também foi parametrizado o inversor de frequência, e realizado a partida de um motor com dados de placa do motor que foi projetado. Desta forma, foi reduzido o tempo necessário para *startup* da máquina quando o projeto for colocado em prática.

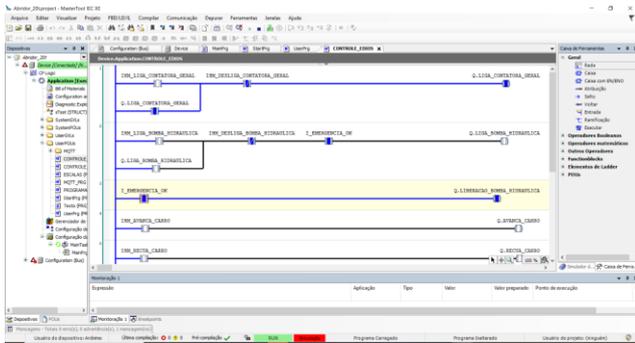


Fig. 17. Programa desenvolvido do CLP rodando em modo simulação.

Quando concluídas as instalações e colocação em funcionamento da máquina, será realizada uma sessão de treinamento para os operadores e liderança da linha de produção. Abrangendo a operação da máquina, criação e edição de programas e a identificação de erros da máquina na tela de alarmes.

## REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NR12: Segurança no trabalho em Máquinas e Equipamentos. [s.d.]. Disponível em <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

[2] TECMACHINE, Retrofitting em equipamentos. [s.d.]. Disponível em <<https://www.tecmachine.ind.br/retrofitting.php>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

[3] PERIODICOSCAPES, A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 4.0. [s.d.]. Disponível em: < [https://capes-primo.ez349.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN\\_cdi\\_doaj\\_primary\\_oai\\_doaj\\_org\\_article\\_be969feb24ab48c8a064ef015946bb2a&context=PC&vid=CAPES\\_V3&lang=pt\\_BR&search\\_scope=default\\_scope&adaptor=primo\\_central\\_multiple\\_fe&tab=default\\_tab&query=any,contains,Seguran%C3%A7a%20no%20Trabalho%20em%20M%C3%A1quinas%20e%20Equipamen](https://capes-primo.ez349.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_doaj_primary_oai_doaj_org_article_be969feb24ab48c8a064ef015946bb2a&context=PC&vid=CAPES_V3&lang=pt_BR&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,Seguran%C3%A7a%20no%20Trabalho%20em%20M%C3%A1quinas%20e%20Equipamen)

tos&facet=searchcreationdate,incluye,2017%7C,%7C2022&offset=0 >. Acesso em: 05 jun. 2023.

[4] ESAAUTOMAÇÃO, Retrofitting de painéis. Disponível em: <<https://www.esautomacao.com.br/projeto/retrofitting-de-paineis/5/>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

[5] ALTUS, Sua porta de entrada para Industria 4.0. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/produto/44/clp-nexto-xpress>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

[6] ALTUS, Controle os processos da sua indústria com as IHMs da Série X2. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/produto/16/ihm-x2>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

[7] PERIODICOSCAPES, Implementação da Norma Regulamentadora NR-12 em uma máquina fundidora de peças de alumínio. [s.d.]. Disponível em: < <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/3198> >. Acesso em: 05 jun. 2023.

[8] PERIODICOSCAPES, Eficiência energética em sistema de controle de velocidade em motores de indução. [s.d.]. Disponível em: < [https://capes-primo.ez349.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN\\_cdi\\_crossref\\_primary\\_10\\_18674\\_exacta\\_v4i1\\_335&context=PC&vid=CAPES\\_V3&lang=pt\\_BR&search\\_scope=default\\_scope&adaptor=primo\\_central\\_multiple\\_fe&tab=default\\_tab&query=any,contains,controle%20de%20velocidade%20de%20motores&offset=0](https://capes-primo.ez349.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_crossref_primary_10_18674_exacta_v4i1_335&context=PC&vid=CAPES_V3&lang=pt_BR&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,controle%20de%20velocidade%20de%20motores&offset=0) >. Acesso em: 05 jun. 2023.

[9] UMANS, Stephen D. *Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley*. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. xv, 708 p. ISBN 9788580553734.

## DADOS BIOGRÁFICOS

**Douglas Muller**, nascido em 18/06/1985 em Panambi-RS, é técnico em eletrotécnica (2005) pelo Colégio Evangélico Panambi. Atualmente é aluno do curso de Tecnologia em Automação Industrial do IFFAR Panambi-RS. Suas áreas de interesse são: automação industrial, sensores, robótica e eficiência energética.