

# AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADOS EM MÁQUINA OPERATRIZ DE SOLDA SIMULTÂNEA SOB OS PRINCÍPIOS DA NR-12

Fabício Correa Nogueira<sup>1</sup>; Sandro Pereira da Silva<sup>2</sup>

## Resumo

No ambiente industrial, busca-se constantemente a produtividade e o desempenho dos equipamentos operacionais, sejam eles de atuação manual, automática ou por meio de células robóticas. Esses equipamentos são equipados com tecnologia de automação, o que gera movimentos e riscos de acidentes de trabalho. O objetivo desse estudo é realizar adequações em uma máquina de solda, com a integração de recursos de automação elétrica, eletrônica e pneumática, visando a maximização da produtividade e, ao mesmo tempo, a segurança dos operadores envolvidos. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza aplicada e descritiva. Para a análise de risco utilizou o método *Hazard Rating Number* (HRN). Foram adotadas medidas de automação de segurança de acordo com a norma regulamentadora NR-12. Isso envolveu a utilização de um CLP de segurança com entradas e saídas monitoradas, programadas por meio de portas lógicas, e um Painel de Segurança com dispositivos como contadores, disjuntores, botões de emergência, sensores, cortina de segurança, chaves de bloqueio e monitoramento. Além disso, foi considerado o uso de movimentos por meio de ar comprimido, levando em conta as grandezas de vazão e pressão. Foram aplicadas válvulas de depressurização manual e automática, válvulas direcionais com dupla posição e centro fechado, além de retenções pilotadas. O desenvolvimento do projeto contemplou aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, com o intuito de garantir a proteção e o acesso seguro à máquina. Após a finalização dos ajustes necessários a máquina foi classificada como nível de risco desprezível, ou seja, foram sanados todos os riscos de acidentes e para saúde dos trabalhadores que a operam.

**Palavras-chave:** Automação industrial; Segurança de máquinas; Controlador Lógico Programável.

## Abstract

In the industrial environment, productivity and performance of operational equipment is constantly sought, whether manual, automatic or through robotic cells. This equipment is equipped with automation technology, which creates movement and risks of workplace accidents. The objective of this study is to make adjustments to a welding machine, with the integration of electrical, electronic and pneumatic automation resources, aiming to maximize productivity and, at the same time, the safety of the operators involved. This is qualitative research, applied and descriptive in nature. For risk analysis, the Hazard Rating Number (HRN) method was used. Security automation measures were adopted in accordance with regulatory standard NR-12. This involved the use of a safety PLC with monitored inputs and outputs, programmed through logic gates, and a Security Panel with devices such as contactors, circuit breakers, emergency buttons, sensors, safety curtain, blocking and monitoring switches. Furthermore, the use of movements using compressed air was considered, taking into account the flow and pressure quantities. Manual and automatic depressurization valves, directional valves with double position and closed center were applied, in addition to piloted retentions. The development of the project included electrical, pneumatic and mechanical aspects, with the aim of guaranteeing protection and safe access to the machine. After completing the necessary adjustments, the machine was classified as a negligible risk level, that is, all risks of accidents and the health of the workers who operate it were eliminated.

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia de Sistemas e Automação pela Universidade Federal de Lavras-UFLA. E-mail: fabricio.nogueira1@estudante.ufla.br.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo-USP, professor adjunto C na Universidade Federal de Lavras-UFLA, no Departamento de Engenharia Mecânica, ministrando disciplinas de Processos de Fabricação e Metrologia Industrial. E-mail: sandro.silva@ufla.br.

**Keywords:** Industrial automation; Machine safety; Programmable Logic Controller

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto atual da globalização, conforme destacado por Araújo e Gasparotto (2019), os avanços tecnológicos em máquinas e equipamentos são inevitáveis para garantir a competitividade industrial. Nesse sentido, busca-se o desenvolvimento de máquinas cada vez mais robustas e rápidas.

Segundo a citação de Johnson, Bradshaw e Feltovich (2018), a automação tem o potencial de melhorar a eficiência dos processos industriais, reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade dos produtos. No entanto, essa automação também traz consigo riscos de acidentes de trabalho, conforme apontado por Strauch (2017), devido aos movimentos e interações entre máquinas e operadores.

Diante desse cenário, é fundamental garantir a segurança dos profissionais que atuam nesses ambientes, por meio da adoção de medidas adequadas de proteção e prevenção. Conforme mencionado por Sousa e Rodolpho (2020) a segurança é uma preocupação constante na indústria, e a falta de medidas de segurança pode resultar em acidentes graves e impactos negativos para a empresa.

No Brasil, a segurança do trabalho é regulada pelas Normas Regulamentadoras (NRs), que consistem em decretos e portarias que servem como base para o trabalho e exercício das atividades profissionais. O pessoal habilitado e regulamentado para atuar na área de segurança do trabalho tem como objetivo principal manter o ambiente de trabalho livre de riscos de acidentes e doenças ocupacionais. Essa prevenção visa evitar possíveis danos aos empregados, que afetam tanto o indivíduo quanto a empresa à qual estão vinculados (Santos *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a automação de processos industriais, aliada a medidas de segurança, pode proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente (Oliveira *et al.*, 2019). Esse processo envolve utilização de tecnologias avançadas, como Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e sistemas de automação. Segundo a citação de Fernandes *et al.* (2018), os CLPs são dispositivos versáteis e confiáveis que permitem o controle preciso e eficiente de máquinas e processos industriais.

A principal norma reguladora que aborda sobre a segurança dos profissionais é a NR-12. Conforme destacado por Santos *et al.* (2021), a NR-12 estabelece requisitos específicos para garantir a integridade física dos trabalhadores e prevenir acidentes. O desenvolvimento deste estudo contemplará aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, considerando as melhores práticas e normas de segurança.

Diante disso, o objetivo desse trabalho é realizar adequações em uma máquina de solda, com a integração de recursos de automação elétrica, eletrônica e pneumática, visando a maximização da produtividade e, ao mesmo tempo, a segurança dos operadores envolvidos.

## 2 Método

### 2.1 Tipo de pesquisa

A natureza do estudo é aplicada, por se tratar de um problema específico, da máquina em desacordo com a NR-12, que precisa ser adequada.

Com relação aos objetivos do estudo, se utilizou o método de pesquisa descritiva, isso porque foram utilizadas técnicas padronizadas para a coleta e análise de dados da máquina e por fim, o procedimento a ser utilizado foi a pesquisa de campo, devido ao levantamento documental das informações da máquina: informações do fabricante, marca e modelo, ano de fabricação, número de série, dimensões, peso e campo de aplicação das máquinas.

Foi utilizado o método de avaliação 5W1H, da qual são aplicadas perguntas para obter uma melhor definição dos detalhes do equipamento. Este método é uma representação de seis perguntas em inglês, sendo cinco com as iniciais com “W” (*what, who, whom where e which*) e uma com “H” (*how*). Traduzindo, temos: O quê? Quando? Onde? Quem? Qual? Como? Então, tem-se: Máquina de solda simultânea, localizada em uma empresa multinacional de autopeças no Sul de Minas, equipamento que produz componentes para o setor automotivo, neste processo é feito a união do copo mais argola com o tubo reservatório, garantindo assim a estanqueidade do tubo de proteção do amortecedor.

O processo produtivo acontece sem as medidas de segurança necessárias para assegurar a integridade dos operadores, portando adequar o equipamento as normas de segurança NR-12, segurança de máquinas operatrizes. Após esta definição, foi utilizado o método 4M, que consiste um *Brainstorming* Organizado. O método de 4M é uma técnica utilizada para diagnosticar um problema que permite procurar a(s) causa(s) de um problema concentrando o estudo sobre 4 elementos que podem influenciar o fenômeno: máquina, material, mão de obra e método.

Neste trabalho se utilizou abordagem qualitativa, devido a utilização do método *Hazard Rating Number* (HRN), que dará uma resposta qualitativa que irá ser utilizada para definir quais os principais riscos da máquina de solda, bem como a prioridade de adequação desses riscos. O HRN é um método de fundamento numérico definido por Chris Steel em 1990, que permite análises exaustivas e estimativas muito precisas, avaliando as consequências de um evento em termos de danos para as pessoas. O cálculo é realizado pela seguinte equação:

$$HRN = GS \times FE \times PO \times NP \quad (1)$$

Onde, GS é o Grau de Severidade do ferimento, FE é a Frequência de Exposição, PO é a Probabilidade de Ocorrer e NP é o Número de Pessoas Expostas ao Risco. Os valores para os parâmetros do método HRN estão apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 - Valores para os parâmetros, segundo método HRN**

<b>GRAU DE SEVERIDADE (GS)</b>	<b>PESO</b>
Arranhão/ contusão/ escoriação	0,1
Dilaceração/ corte/ doença leve	0,5
Fratura de osso menores/ enfermidade leve temporária	1
Fratura de ossos importantes/ enfermidade leve permanente	2
Perda de um membro/olho	4
Perda de 2 membros/olhos	8
Enfermidade grave permanente ou crítica	12
Fatalidade	15
<b>FREQUENCIA DE EXPOSIÇÃO (FE)</b>	<b>PESO</b>
Anualmente	0,5
Mensalmente	1,0
Semanalmente	1,5
Diariamente	2,5
Em termos de horas	4,0
Constantemente	5,0
<b>PROBABILIDADE DE OCORRER</b>	<b>PESO</b>
Quase impossível	0,033
Altamente improvável	1,0
Improvável	1,5
Possível	2,0
Alguma chance	5,0
Provável	8,0
Muito provável	10,0
Certo	15
<b>NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO (NP)</b>	<b>PESO</b>
1-2 pessoas	1
3-7 pessoas	2
8-15 pessoas	4
16-50 pessoas	8
Mais que 50 pessoas	12

Fonte: adaptado de Chris Steel (1990)

No final da avaliação, o valor encontrado mediante aplicação do método HRN indica o nível de risco, podendo ser classificado de risco desprezível à risco inaceitável (Quadro 2).

**Quadro 2 – Classificação do nível de risco de acordo como HRN**

<b>Valor</b>	<b>Classificação</b>
0-5	Desprezível - oferece um risco muito baixo para a segurança e saúde
5-50	Baixo, porém significativo - Contém riscos necessários para a implementação de medidas de controle de segurança
50-500	Alto - Oferece possíveis riscos, necessitam que sejam utilizadas medidas de controle de segurança urgente
Mais de 500	Inaceitável - É inaceitável manter a operação do equipamento na situação que se encontra

Fonte: adaptado de Chris Steel (1990)

## 2.2 Objeto de estudo

O projeto teve início no mês de outubro de 2022. A equipe foi constituída por um Supervisor de projetos, um Projetista, três eletrotécnicos e um Serralheiro.

Foi realizado um estudo de caso em uma máquina de solda simultânea (por ter 2 pontos de solda durante o processo) MMC15118, fabricada por Welding Argentina S.A., com as seguintes características: tensão de alimentação elétrica do equipamento de 440 Vac, corrente nominal de 16 A e tensão de comando de 24 Vcc, o movimento da mesa vertical para cima e o movimento do cilindro da porta vertical para baixo. A máquina é composta de uma estrutura metálica, unidade pneumática e a zona de operação. Tem como finalidade realizar soldas de peças do processo produtivo. O processo de operação é realizado manualmente ou automaticamente.

A apreciação de risco foi realizada com base nas informações obtidas durante a inspeção da máquina ou de seu projeto, e através da documentação técnica fornecida para análise, nesta etapa foram identificados e documentados os perigos nos pontos de operação, assim como, nos sistemas de transmissão associados a máquina. Os riscos foram classificados e a categoria de risco foi estabelecida, baseada nos mais severos riscos identificados.

As metodologias de avaliação e quantificação de riscos utilizadas neste estudo foram baseadas nas normas ISO 12100 e ISO/TR 14121-2, foram avaliados os perigos e suas tarefas associadas, tais como operação, manutenção, ajustes, limpeza, entre outras. A classificação da categoria risco das partes de sistemas e comando relacionados à segurança foi baseada na norma NBR 14153, e teve como objetivo definir o circuito correspondente de acordo com o nível de performance requerido, determinando assim a arquitetura do circuito de segurança requerida para a função.

Para os perigos identificados, os sistemas de proteção quando existentes, foram visualmente inspecionados. Para os perigos avaliados, onde nenhuma medida de segurança foi identificada, ou quando as medidas de segurança existentes foram insuficientes para a mitigação dos riscos, soluções de segurança baseadas em experiência, e de acordo com os requisitos das normas técnicas vigentes foram sugeridas.

Os dispositivos de parada de emergência existentes na máquina também foram avaliados, com base na localização, acessibilidade, boa sinalização e correta interligação. Outras situações onde a metodologia de avaliação e classificação de risco não pode ser aplicada, e para os itens que não estiverem em conformidade com a Norma Regulamentadora NR-12, foram classificadas como NÃO CONFORMIDADE - NC, para estes itens, medidas de adequação para

correção das não conformidades foram propostas com base na metodologia aqui informada. Ainda foram utilizadas as classificações: CONFORME – CO, NÃO APLICÁVEL - NA e CLIENTE FINAL – CF.

Por questões técnicas, tendo em vista que a máquina já se encontra em uso por um determinado tempo, algumas fases do ciclo de vida da máquina não puderam ser contempladas, as fases de montagem, instalação, comissionamento, descomissionamento, desativação, transporte e construção não foram avaliados.

A apreciação de risco foi realizada mediante uma sequência de passos de acordo com a ISO 12100: a) determinação dos limites da máquina, considerando seu uso devido, bem como quaisquer formas de mau uso razoavelmente previsíveis; b) identificação dos perigos e situações perigosas associadas; c) estimativa do risco para cada perigo ou situação perigosa; d) avaliação do risco e tomada de decisão quanto a necessidade de redução dos riscos; e) opção para eliminação do perigo ou redução de risco associado ao perigo por meio de medidas de proteção.

A determinação da categoria de segurança foi verificada conforme indicação da NBR 14153:2013 que classifica as partes de um sistema de comando relacionadas à segurança, com respeito a sua resistência a defeitos e seu subsequente comportamento na condição de defeito, que é alcançada pelos arranjos estruturais das partes e/ou por sua confiabilidade. Este processo leva em consideração três fatores: Severidade do ferimento (S), frequência e/ou tempo de exposição ao perigo (F) e possibilidade de evitar o perigo (P). O desempenho de uma parte de um sistema de comando relacionada à segurança, com relação à ocorrência de defeitos, é dividido em cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4), que devem ser usadas como pontos de referência. Não é objetivo da NBR 14153:2013 a utilização dessas categorias, em qualquer ordem de hierarquia, com respeito a requisitos de segurança.

Após esta análise, os itens em desacordo com a NR-12 foram apontados para serem corrigidos. Diante dos apontamentos viu-se a necessidade de se elaborar o projeto conceitual, projeto elétrico, projeto mecânico e projeto pneumático. Após a realização das adequações foi realizada a validação final.

### **2.3 Procedimentos e materiais**

Os procedimentos para a efetivação do protótipo foram o esquema elétrico e a parametrização do CLP de segurança. Para a construção do sistema elétrico, foi utilizado o programa EPLAN, cujos projetos permitem projetar sensores, sinais, controles e atuadores digitais e analógicos (Eplan, 2023).

Como ferramenta de controle dos processos automatizados foi utilizado o CLP Siemens (3sk2122-1aa10). A interface de programação que parametrizou o CLP foi o *Safety Es* (Siemens, 2023). Foram utilizados o botão de emergência, o botão reset, as chaves de segurança e os contadores de segurança.

No projeto foram utilizados o botão de emergência *Schneider*; o botão *reset Schneider* luminoso  $\varnothing 22\text{mm}$  plástico, retorno por mola, azul, NA, 24vca/cc xa2ew36b1; as chaves de segurança D4NL-4EFA-B Omron e os contadores de segurança aux 24Vcc 8NA+1NF CAWBS8100C03-Weg. O esquema elétrico foi montado com o auxílio do software EPLAN, programa de engenharia para planejamento e processos integrados em engenharia elétrica e tecnologia de automação. O programa permite a reutilização dos dados dos documentos esquemáticos para a programação de CLP, bem como para sistemas de CLP e rede (Eplan, 2023).

Segundo a NR-12, nas categorias de risco 3 e 4, as máquinas devem oferecer redundância em seus dispositivos e monitoração quanto aos dispositivos de segurança instalados (Brasil, 2022). Assim, foi utilizado o dispositivo CLP para o monitoramento do sistema de automação. Este dispositivo contém 20 entradas de segurança e 6 saídas de segurança, 4 destas monitoradas e 2 sem monitoramento que é o ideal para botões luminosos de status.

O feixe de luz infravermelha, quando detecta algum objeto no espaço delimitado para seu alcance é acionado a interface do homem com a máquina que, uma vez acionado, realiza a parada da máquina em qualquer momento, conforme a necessidade de segurança. Esses dispositivos devem operar com 24 volts, em tensão contínua. Isso porque é estritamente proibido pela NR-12, que esses botões operem em 110VAC ou 220VAC, pois há contato manual com o operador. Além disso, a máquina deve conter o botão de emergência com livre acesso e estar em lugar visível a quem está nas proximidades da máquina, pois só assim estará garantido o uso emergencial a que se propõe em caso de ameaça de dano ou de dano efetivo.

### **3 Resultados e Discussão**

#### **3.1 Avaliação de risco**

Na avaliação da máquina verificou-se: Material – o componente utilizado na operação da máquina está correto. Método – o método operacional aplicado aos operadores é seguindo a máquina conforme foi fornecida pelo fabricante com acionamento de início do ciclo por um botão liga ciclo. Máquina – o equipamento não atende as características de segurança

operacional, precisava ser adequada. Mão de obra – os operadores não estavam capacitados para atuarem no novo padrão operacional do equipamento.

Portanto, atestou-se que o equipamento avaliado não atende, aos requisitos legais da NR-12 e NR-10, da Portaria 3214. Ressalta-se que a não correção dos itens referenciados compromete a segurança dos usuários do equipamento. Para este ser declarado como “seguro” deverão ser adotadas todas as medidas de segurança recomendadas (Brasil, 2022).

Diante da avaliação de risco da máquina de solda, ela foi classificada como de baixo risco, na categoria 4. A classificação de risco da máquina de solda levou em consideração três fatores: Severidade do ferimento (S) como sério; frequência e/ou tempo de exposição ao perigo (F) como frequente a contínuo e/ou tempo de exposição longo; e possibilidade de evitar o perigo (P) quase nunca possível. Por meio dessa classificação foi possível classifica-la na categoria 4.

No quadro 3 está o resultado da aplicação do método HRN. No evento perigoso de contato com peças e/ou componentes energizados foi observado um valor de grau de severidade máximo, ou seja, pode ser fatal. Os perigos encontrados estavam relacionados com curto-circuito e partes vivas, o que podiam ocasionar choques, eletrocussão e queimadura. Contudo, quando avaliado juntamente com os demais parâmetros do método HRN, a classificação foi dada como baixa, porém significativa.

Por outro lado, merece destaque o evento perigoso de contato com partes da estrutura metálica com sistema energizado, do qual obteve um alto nível de Classificação de risco de acordo como HRN (Quadro 3).

Em relação ao alto risco com sistema energizado, Boger (2018) avaliando o risco de acidente em uma máquina de corte de cabeça bovina, também identificou riscos concernentes à choque elétrico no interior de seus comandos elétricos e quadro de comando. O autor destaca que mesmo após adequações, o equipamento ainda dispõe de quadros de comando que podem acarretar riscos elétricos se forem abertos por pessoal não treinado e autorizado, portanto, recomenda-se a utilização do aviso de perigo no local, conforme foi realizado na adequação da máquina de solda deste estudo.

### Quadro 3 - Dados referente a aplicação do método HRN

<b>Evento perigoso: Movimentação de componentes de transmissão por motor elétrico</b>			
Probabilidade de ocorrência	1	Frequência de exposição	5
Grau de severidade	4	n de pessoas expostas	1
<b>HNR</b>	<b>20</b>	<b>Classificação</b>	<b>Baixo, porém significativo</b>
<b>Evento perigoso: Movimento de mecanismo pneumático</b>			
Probabilidade de ocorrência	1	Frequência de exposição	5
Grau de severidade	4	n de pessoas expostas	1
<b>HNR</b>	<b>20</b>	<b>Classificação</b>	<b>Baixo, porém significativo</b>
<b>Evento perigoso: Acionamento involuntário ou inesperado</b>			
Probabilidade de ocorrência	1	Frequência de exposição	5
Grau de severidade	4	n de pessoas expostas	1
<b>HNR</b>	<b>20</b>	<b>Classificação</b>	<b>Baixo, porém significativo</b>
<b>Evento perigoso: Acesso a elementos móveis mecânicos</b>			
Probabilidade de ocorrência	1	Frequência de exposição	2,5
Grau de severidade	4	n de pessoas expostas	1
<b>HNR</b>	<b>10</b>	<b>Classificação</b>	<b>Baixo, porém significativo</b>
<b>Evento perigoso: Contato com peças e/ou componentes energizados</b>			
Probabilidade de ocorrência	1	Frequência de exposição	1
Grau de severidade	15	n de pessoas expostas	1
<b>HNR</b>	<b>15</b>	<b>Classificação</b>	<b>Baixo, porém significativo</b>
<b>Evento perigoso: Contato com partes da estrutura metálica com sistema energizado</b>			
Probabilidade de ocorrência	1	Frequência de exposição	5
Grau de severidade	15	n de pessoas expostas	1
<b>HNR</b>	<b>75</b>	<b>Classificação</b>	<b>Alto</b>
<b>Evento perigoso: Partida involuntária ou inesperada</b>			
Probabilidade de ocorrência	1	Frequência de exposição	4
Grau de severidade	4	n de pessoas expostas	1
<b>HNR</b>	<b>16</b>	<b>Classificação</b>	<b>Baixo, porém significativo</b>

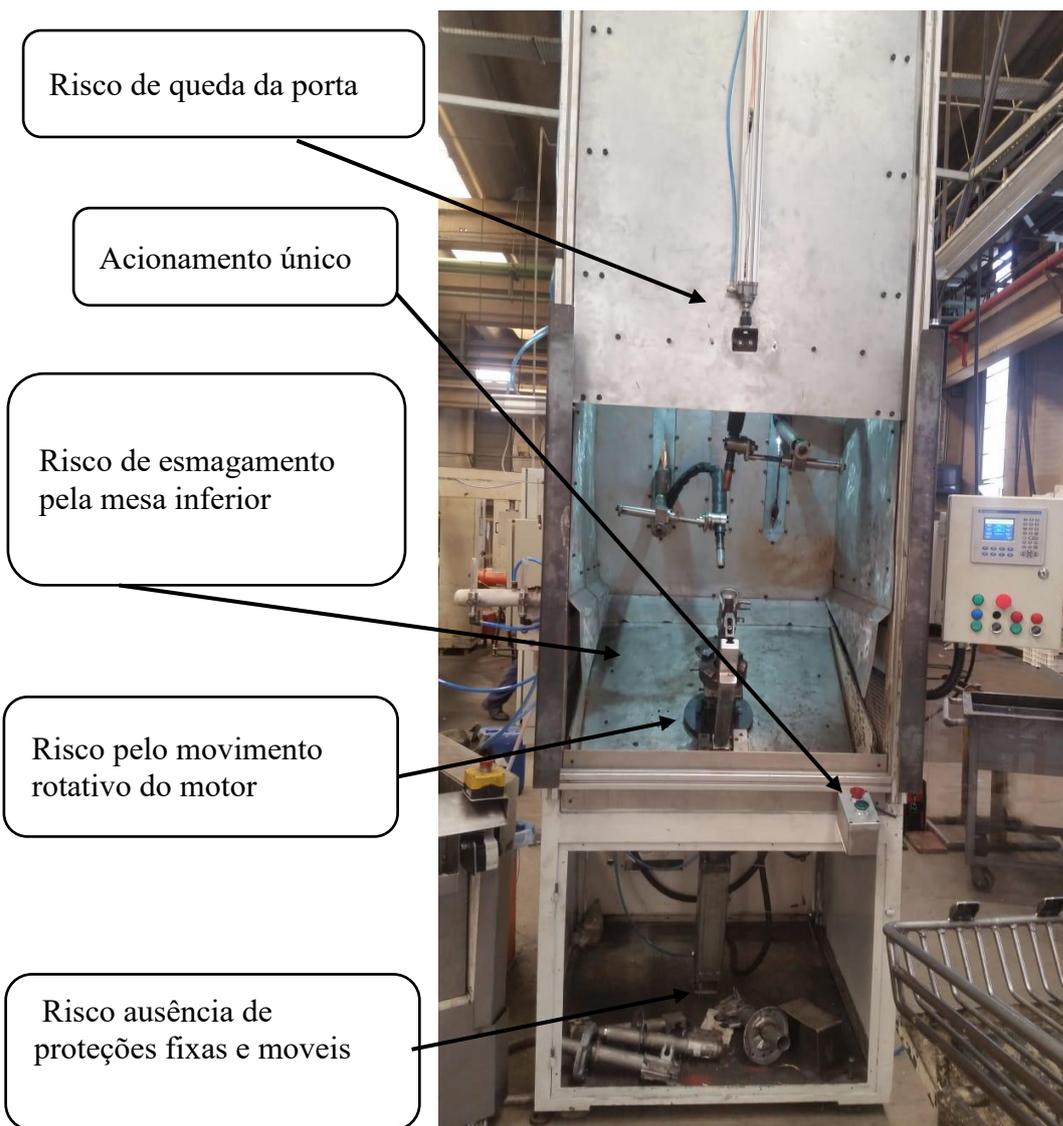
Fonte: Elaborado pelos autores.

HNR. Hazard Rating Number; n. número

Itens que não atenderam a classificação de risco e foram indicadas para adequações estão apresentados no quadro 4.

A Figura 1 mostra as adequações que foram apontadas como necessárias na máquina.

**Figura 1** - Foto inicial da máquina antes das melhorias e adequações



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Quadro 4 - Itens em desacordo com a classificação de risco**

ITENS ANALISADOS	QUESTÕES
<b>MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, PREPARAÇÃO, AJUSTE, REPARO E LIMPEZA</b>	As manutenções, inspeções, limpezas, reparos e outras intervenções são realizadas por profissionais capacitados, qualificados ou legalmente habilitados formalmente autorizados pelo empregador e com adoção de fechamento, desligamento, bloqueio das fontes de energias perigosas, verificação de fuga de energia e utilização de sistemas de retenção?
	As manutenções, inspeções, limpezas, reparos e outras intervenções, onde não são possíveis a aplicação dos procedimentos de bloqueios das fontes de energias perigosas, são realizadas conforme requisitos do item 12.11.3.1?
<b>SINALIZAÇÃO</b>	A máquina e suas instalações possuem sinalização de segurança a fim de advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos?
	A máquina possui em local visível as informações sobre tipo, modelo, capacidade, peso, nº de série ou nº de identificação, razão social, CPNJ e o nº do registro do CREA do fabricante ou importador?
	A máquina possui em local visível informações sobre tipo, modelo, capacidade, número de série ou número de identificação atribuído pela empresa?
<b>MANUAIS</b>	A máquina possui manual escrito em idioma português-Brasil, fornecido pelo fabricante ou importador, com as informações à segurança em todas as fases de utilização?

	O manual de instruções estão escritos em língua portuguesa, é escrito de forma clara, tem avisos relativos a segurança realçados e permanecem disponíveis para os usuários nos locais de trabalho?
	O manual de instruções possui no mínimo todas as informações determinadas no item 12.13.4 da NR-12
<b>INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS</b>	As partes condutoras que podem ficar sob tensão, estão devidamente aterradas?
	Os quadros ou painéis elétricos possuem porta de acesso mantida permanentemente fechada, bom estado de conservação, proteção e identificação dos circuitos?
	Os quadros ou painéis elétricos possuem sinalização quanto ao perigo de choque elétrico e restrição de acesso?
<b>DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO DE PARTIDA E PARADA</b>	Os dispositivos de acionamento bimanual existentes atendem aos requisitos mínimos (atuação síncrona, distância entre botões, monitoramento por interface, relação entre sinais de entrada e saída, etc.) conforme requisitos do item 12.4.3 da NR 12?
	Os dispositivos de acionamento bimanual existentes estão posicionados a uma distância segura da zona de perigo?
	Os dispositivos de acionamento bimanual existentes encontram-se estáveis na posição de trabalho e possuem altura compatível com o alcance do operador em sua posição de trabalho?
	A máquina possui comando que permite o controle de diferentes níveis por meio de seletor? Se sim, o seletor possui bloqueio em cada posição, correspondência de um único modo de comando, seleção visível e facilmente identificável?
	O acionamento por pessoas não autorizadas pode oferecer risco? Se sim, existe sistema que possibilite o bloqueio dos dispositivos de acionamento?
	Os circuitos elétricos responsáveis pelas partidas dos motores possuem estrutura redundante e monitoramento de falhas que comprometam a função de segurança?
<b>SISTEMA DE SEGURANÇA</b>	As zonas de perigo da máquina possuem sistemas de segurança que assegurem proteção à integridade física dos trabalhadores?
	A máquina possui projeto, diagrama ou representação esquemática dos sistemas de segurança em língua portuguesa e sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado?
<b>DISPOSITIVO DE PARADA DE EMERGÊNCIA</b>	O acionamento dos dispositivos de emergência resultam na retenção do acionador?
	O desacionamento dos dispositivos de emergência são apenas possíveis como resultado de uma ação manual intencional sobre o acionador?
<b>COMPONENTES PRESSURIZADOS</b>	As mangueiras utilizadas nos sistemas pressurizados possuem indicação da pressão máxima de trabalho admissível especificada pelo fabricante?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Seguindo os itens que não estavam de acordo com a NR-12, foram realizadas as seguintes adequações:

- Botão de Emergência tipo soco: foi instalado, juntamente a caixa do bimanual um botão de emergência tipo soco autotravante com 2 contatos NF, visando a parada do equipamento em caso de acionamento. Utilizou-se no Relé de segurança os dois contatos com ruptura positiva, sendo assim, redundante a lógica de segurança.
- Botão Azul (Rearme): foi instalado na caixa de acionamentos (comando Operador), um botão na cor azul de “Rearme”. O mesmo irá reiniciar o Sistema de segurança após a solução do defeito da parada do equipamento.
- Chave Com. c/Retenção: foi instalado na caixa de acionamentos (comando Operador), uma chave de comando com retenção. A mesma tem a função de desligar equipamento quando acionada, funcionando como chave Desliga/ Liga.

- Válvula Segurança Pneumática: foi instalado no equipamento uma válvula de segurança Pneumática Série VP (SMC), que tem como função principal o monitoramento do ar-comprimido. Bem como os demais itens de segurança, em caso de falha do equipamento a mesma será despressurizada, eliminando assim o risco.
- Bimanual 24Vcc: foi instalado um par de bimanual eletrônico 24Vcc. Independente do estado de conservação do bimanual instalado no local, foi realizado a troca do equipamento, pois durante os levantamentos realizados detectamos que a tensão de operação do componente instalado no local é de 127Vca, contrariando o disposto no item 12.36 da NR12. Assim, foi instalado um par de bimanual eletrônico 24Vcc.
- Chave de segurança com intertravamento: foi instalado em cada porta uma chave eletromagnética, com dois contatos NF sendo monitorados pelo Relé de Segurança.
- Cortina de Segurança: A principal função da cortina é o controle seguro de áreas e ambientes que não devem ser violados durante determinadas operações. Para esta adequação se utilizou um par de cortinas, para proteção da área frontal do equipamento, sendo que os demais lados estavam fechados através de proteções fixas.
- Relé de Segurança Programável: foi instalado no painel elétrico de Segurança NR12, um Relé de segurança programável, contendo 20 entradas de segurança; 4 saídas de segurança e 2 saídas não monitoradas. Este relé é responsável por realizar o monitoramento das funções de segurança presentes no equipamento, tais como; parada de emergência, porta de proteção monitoradas, cortinas de luz, proteção de perímetro, controle com duas mãos, calços de segurança, dispositivos pneumáticos e dispositivos hidráulicos.

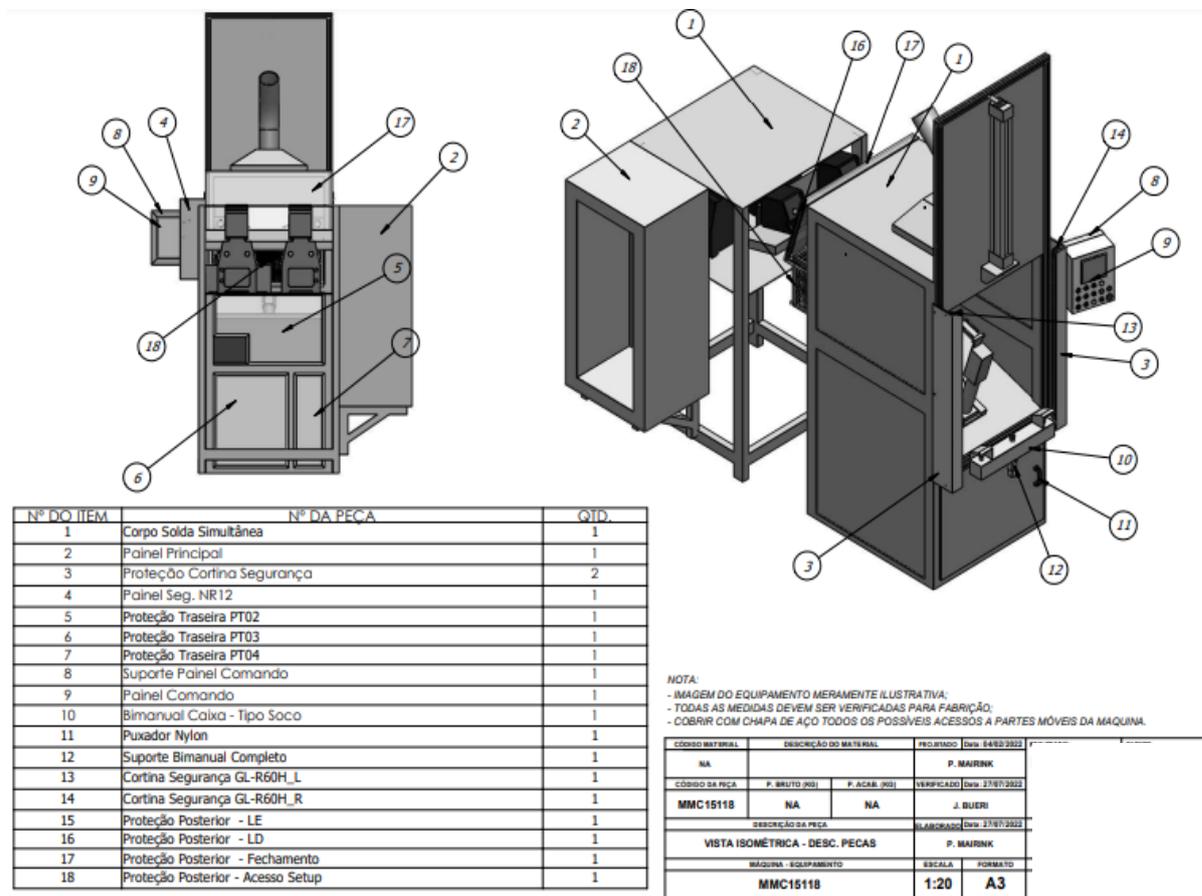
Nesse estudo tomou como base a NR-12, assim é importante relatar que esta norma desempenha um papel crucial na proteção dos trabalhadores, estabelecendo requisitos e diretrizes que devem ser seguidos para evitar acidentes, lesões e doenças ocupacionais. Ela abrange aspectos como o projeto seguro das máquinas, a instalação adequada, a operação correta, a manutenção regular e a capacitação dos trabalhadores. Além disso, a norma busca prevenir riscos relacionados a movimentações de partes das máquinas, energia elétrica, dispositivos de partida e parada, áreas de risco, entre outros (Brasil, 2022).

### **3.2 Projetos: Mecânico, Elétrico e Pneumático**

Os projetos mecânico, elétrico e pneumático foram desenvolvidos para atender as adequações sugeridas para a máquina de solda. No que se refere ao projeto mecânico, a figura 2 apresenta a descrição das peças da máquina. Foram realizadas alterações nas proteções

laterais, traseira e dianteira da máquina. A proteção dianteira foi composta pela cortina de segurança e demais componentes relacionados ao acionamento da máquina.

**Figura 2** - Desenho ilustrativo da máquina descrevendo suas peças



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os projetos elétricos realizados foram: diagramas de carga e comando, Diagrama de Comando da Cortina de Luz e Layout do painel.

### 3.3 Ações que foram implementadas

1. Adequação Elétrica, contemplando inserção de um novo painel elétrico em conformidade com as normas vigentes, sendo o mesmo apenas referente ao sistema NR12, não contemplando retrofit do painel existente.

2. Manutenção nas proteções mecânicas fixas existentes;

3. Inspeção e em caso de necessidade substituição da cortina de segurança instalada na parte frontal do equipamento, monitoramento da mesma pela interface de segurança;

4. Monitoramento de sistema pneumático e inserção de dispositivos de segurança em atendimento a NR12;

5. Foi mantido o sistema de freio nas portas tipo guilhotina, inserido sistema de retenções pilotadas as mesmas para duplicidade da proteção;

6. Foi inserido dispositivo bimanual conforme descrito no item 2.1 da NR12;

### **3.3.1 Sinalização**

- Todos os equipamentos de segurança instalados foram identificados;
- Proteções fixas e móveis receberam placas com a identificação do risco ao qual o operador estará exposto durante a operação;
- No painel elétrico foram fixadas placas de identificação do risco, acesso somente por pessoal autorizado e identificação das tensões elétricas aplicáveis no interior dele.
- Comando existentes no equipamento receberam placa de identificação de sua função.

### **3.3.2 Manuais Pós Adequação**

Os manuais atuais dos equipamentos foram reconstituídos em língua portuguesa, incluindo os novos dispositivos instalados bem como recomendações de inspeção e manutenção dos mesmos, conforme itens da NR12, contendo:

- Diagramas de sistemas de segurança e diagrama unifilar ou trifilar do sistema elétrico, conforme necessidade;
- Tipo, modelo e capacidade do equipamento;
- Descrição detalhada do equipamento e seus acessórios;
- Definição da utilização prevista para o equipamento;
- Definição das medidas de segurança existentes e daquelas a serem adotadas pelos usuários;
- Especificações e limitações técnicas para a sua utilização com segurança;
- Riscos que podem resultar de adulteração ou supressão de proteções e dispositivos de segurança;
- Informações técnicas para subsidiar a elaboração dos procedimentos de trabalho e segurança durante todas as fases de utilização;
- Procedimentos e periodicidade para inspeções e manutenção;
- Procedimentos a serem adotados em situações de emergência.

Foi instalado o dispositivo de acionamento do tipo bimanual, em pedestal com regulagem de altura, o qual deverá: funcionar somente quando os dois acionadores forem pressionados com um intervalo de tempo menor ou igual a 0,5 (meio) segundo; possuir sistema de monitoramento - interface de segurança (Relé de segurança específico ou PLC de segurança); funcionar somente com os dois acionadores pressionados, ou seja, caso um dos acionadores não

tenha mais atuação a máquina / equipamento não poderá mais funcionar (o reinício da operação deverá ser mediante o acionamento simultâneo dos comandos); os acionadores devem estar posicionados de forma ergonômica.

Houve a substituição dos dispositivos de parada de emergência que não possuíam retenção de seus acionadores, por dispositivos de parada de emergência com acionadores retentivos, de forma que se a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.

Em relação à segurança dos dispositivos de partida, acionamento e parada, Quírico *et al.* (2017) destacam que o sistema deve adotar o comando bimanual e a cortina de luz com redundância e autoteste. O comando bimanual assegura que a máquina só seja acionada quando os dois botões forem pressionados simultaneamente. Conforme os autores, os painéis de comando bimanual devem ter dois botões de acionamento distantes o suficiente para evitar o acionamento com apenas uma mão.

Foi instalado dispositivos, tais como contadores, dispositivos de seccionamento comandados remotamente através de bobina de mínima tensão; inversores e conversores de frequência, *softstarters* e demais chaves de partida, em estrutura redundante, com monitoramento das funções de segurança.

Para o uso do sistema de processamento e monitoração de segurança dos periféricos usados adotou-se um CLP de segurança. A justificativa para o uso deste componente se dá pelas características de cada item listadas abaixo:

- CLP de processo, é capaz de fazer grandes processamentos, porém para o processo de adequação NR12 o mesmo não possui entradas e saídas monitoradas (verificação contínua das saídas e entradas do CLP).
- Relê de segurança para controle de emergência e simultaneidade de acionamento bimanual, neste caso como a máquina foi categorizada em CATEGORIA 4, não podemos colocar os periféricos em série, e temos a necessidade de monitoração dos mesmos e ressaltar no IHM interface homem maquinas as falhas e acionamentos relacionados à segurança do equipamento.
- Arduino, pouca capacidade de processamento, não possui entradas e saídas monitoradas, não atende nenhum tipo de categoria para adequação.
- CLP de segurança, modelo que optamos em usar tem a quantidade exata de entradas e saídas monitoradas para os periféricos de segurança, atende Categoria 4 com IHM

interface homem máquina com indicação de falhas e eventos de segurança, atendendo as conformidades das Normas IEC 61-50-8 e EN ISO 13849.

Dentre as linguagens de programação disponíveis para CLPs, o *Ladder Diagram* foi escolhido como foco neste trabalho devido às suas vantagens e ampla utilização. Conforme destacado por Silva e Lima (2018), o *Ladder Diagram* é uma linguagem gráfica que representa esquematicamente as conexões e operações lógicas do controlador, facilitando a compreensão dos operadores e profissionais do setor elétrico. A utilização de símbolos que representam dispositivos elétricos torna o *Ladder Diagram* familiar e de fácil interpretação, sendo amplamente empregado na programação de CLPs.

Em relação ao painel elétrico as alterações seguiram as principais recomendações: - Circuitos identificados e protegidos, pois nenhuma parte energizada pode ficar exposta; - Porta de acesso mantida permanentemente fechada; - Sinalização sobre o risco de choque elétrico e restrição de acesso a pessoas não autorizadas; - Bom estado de conservação; - Grau de proteção adequado em função do ambiente de uso; - implementação do CLP. A NR-12 aborda sobre o uso do CLP para o controle lógico da máquina com intuito não só operacional, mas para garantir a segurança e funcionamento seguro da máquina através de controle lógico de segurança (Quirico *et al.*, 2017).

De acordo com Costa e Santos (2017) os sistemas de controle não apenas contribuem para a segurança, mas também melhoram a eficiência e a produtividade dos processos industriais. A integração de sensores e atuadores em um sistema de controle inteligente possibilita a detecção precoce de falhas, facilitando a manutenção preventiva e reduzindo o tempo de inatividade das máquinas.

Foi instalado dispositivo na alimentação pneumática principal da máquina ou equipamento, que permita o desligamento e bloqueio da energia por meio de cadeados. O dispositivo foi instalado em local de fácil acesso, e sinalizado de forma a facilitar a aplicação do procedimento de LOTO.

Foi instalada proteção física móvel associada a dispositivo de intertravamento ou dispositivo optoeletrônico - cortina de luz na zona frontal inferior; foi também instalada válvula monitorada pneumática de segurança, categoria 3. A cortina de luz foi instalada de acordo com a NBR ISO 13855 (Figura 3).

**Figura 3** - Cortina de segurança



Fonte: Elaborada pelos autores.

Sobre a realização de limpeza da máquina e seus periféricos, esta deverá ser realizada conforme manual do fabricante / plano de manutenção da empresa. Esta atividade deverá ser executada somente por profissionais capacitados, qualificados ou legalmente habilitados, formalmente autorizados pelo empregador, com a máquina ou equipamento desligado, e adotados os procedimentos de bloqueio para todas as fontes de energias perigosas. Para situações especiais de manutenção, regulagem, ajuste, limpeza, pesquisa de defeitos e inconformidades, em que não seja possível o cumprimento das condições estabelecidas no item 12.11.3.1 da NR 12, nestas situações, por se tratarem de tarefas críticas não rotineiras que necessitam de controle, procedimentos especiais de segurança deverão ser adotados (emissão de Permissão de Trabalho Especial, acompanhamento pela supervisão / segurança do trabalho).

Os funcionários que trabalham com a máquina de solda, passaram por capacitação após as adequações. De acordo com a NR-12 é recomendado a capacitação dos trabalhadores para trabalharem com as máquinas e ferramentas, principalmente as máquinas novas ou as que passaram por adequações. Somado a isso, ainda há o fator que a NR-12 está passando por constantes atualizações, o que exige que a empresa também esteja atualizando constantemente

seus colaboradores sobre todos os aspectos que direcionam a atuação dele juntamente à máquina ou ferramenta.

Segundo He *et al.* (2019) a interfaces homem-máquina reflete o objetivo de proporcionar uma interação mais intuitiva, eficiente e envolvente entre os operadores e os sistemas automatizados, contribuindo significativamente para melhorias na produtividade e na eficácia dos processos industriais. Novas tecnologias e abordagens estão sendo exploradas constantemente, permitindo avanços contínuos nessa área fundamental da automação industrial. As interfaces homem-máquina desempenham um papel crucial na troca de informações entre pessoas e máquinas, desafiando os limites da interação humano-computador e impulsionando avanços na inteligência artificial, por isso a necessidade constante de capacitação do pessoal.

Os periféricos de segurança foram instalados e realizado a interligação destes periféricos (ligação dos cabos, ligação do CLP, ect...). Após a finalização dos ajustes necessários foi realizado novamente a classificação de risco com o método HRN, do qual obteve um nível de classificação desprezível (Quadro 5).

**Quadro 5** - Classificação de risco após ajustes necessários

Probabilidade de ocorrência	Frequência de exposição	Grau de severidade	N de pessoas	HRN
0,03	4	6	2	1,44
<b>CLASSIFICAÇÃO DO RISCO</b>			<b>DESPREZÍVEL</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores.

As adequações que foram apontadas e realizadas nesse estudo, também foram relatadas em outro estudo realizado por Boger (2018) em equipamentos utilizados em áreas frigoríficas. O autor identificou a necessidade de realizar ajustes em diversos itens, a fim de garantir maior segurança aos empregados, como no sistema de acionamento, botão de emergência, sistema pneumático, sistema elétrico, sistema hidráulico, sinalizações de segurança e a capacitação dos profissionais responsáveis pela operação do equipamento.

Após a realização de todas as adequação e averiguações, foi solicitada uma avaliação para emissão da certificação de adequações da máquina de solda, por uma empresa especializada, que deu parecer favorável e emitiu o Certificado de adequação e Atestado de conformidade da máquina com a legislação vigente.

## 5 Considerações Finais

Na análise de risco da máquina de solda foi verificado que ela não atendia aos requisitos legais da NR 10 e NR 12. Portanto, foram adotadas todas as medidas de segurança recomendadas para atender as normas vigentes.

Inicialmente foram desenvolvidos os projetos contemplando aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, garantindo a segurança e o acesso adequado à máquina.

Foram adotadas medidas de automação de segurança conforme as diretrizes estabelecidas na norma regulamentadora NR-12, incluindo a utilização de um CLP de segurança e um Painel de Segurança com dispositivos de proteção e parada de emergência.

Foi incorporado o uso de movimentos pneumáticos por meio de ar comprimido, considerando vazão e pressão, e aplicação de válvulas de despressurização, válvulas direcionais e retenções pilotadas. Após a finalização dos ajustes necessários a máquina foi classificada como nível de risco desprezível, ou seja, foram sanados todos os riscos de acidentes e para saúde dos trabalhadores que a operam.

## Referências

ARAUJO, E. P.; GASPAROTTO, A. M. S. Aplicação da norma regulamentadora NR-12 para adequação de máquinas e equipamentos. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v. 6, n. 1, p. 210-221, 2019.

BOGER, D. T. **Projeto do equipamento abridor de cabeça de acordo com as normas regulamentadoras NR-10 e NR-12**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/20372>. Acesso em: 02 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Brasília: MTE, 21 mar. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/.../norma-regulamentadora-no-12-nr-12>. Acesso em: 02 jul. 2025.

COSTA, J. R. **Automação Industrial: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Novatec Editora, 2022.

EPLAN. **Destaques da plataforma EPLAN 2023: vantagens da plataforma EPLAN**. EPLAN, 2023. Disponível em: <https://www.eplan.com.br/solucoes/vantagens-da-plataforma-eplan/destaques-da-plataforma-eplan-2023/>. Acesso em: 2 jul. 2025.

FERNANDES, V.; POOR, H. V.; RIBEIRO, M. V. Analyses of the incomplete low-bit-rate hybrid PLC-wireless single-relay channel. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 2, p. 917-929, 2018. Disponível e: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2794200>. Acesso em: 02 jul. 2025.

HE, Q. *et al.* Triboelectric vibration sensor for a human-machine interface built on ubiquitous surfaces. **Nano Energy**, v. 59, p. 689-696, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2019.03.005>. Acesso em: 02 jul. 2025

JOHNSON, M.; BRADSHAW, J. M.; FELTOVICH, P. J. Tomorrow's human-machine design tools: From levels of automation to interdependencies. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, v. 12, n. 1, p. 77-82, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/5254.796083>. Acesso em: 02 jul. 2025.

OLIVEIRA, J. Q. *et al.* Estudo sobre a modernização de sistemas de automação e controle num forno industrial. **REGRASP-Revista para Graduandos/IFSP**, Câmpus São Paulo, v. 4, n. 2, p. 80-95, 2019. Disponível em: <https://regrasp.spo.ifsp.edu.br/index.php/regrasp/article/view/303/336>. Acesso em: 02 jul. 2025.

QUÍRICO, V. C. *et al.* Máquinas do setor de serraria de uma indústria moveleira: avaliação de segurança antes e após a NR-12. In: **Anais do Seminário Científico do UNIFACIG**, n. 1, s.p., Ubá, 2015. Disponível em: <https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/247/221>. Acesso em: 02 jul. 2025.

SANTOS, R. O. B. *et al.* A importância da NR-12 em seus diversos contextos: uma análise sistemática para prevenção de acidentes industriais. In: **Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – CoBICET**. 30 de agosto a 03 de setembro de 2021. Lorena, SP, 2021. Disponível em: <https://static.even3.com/anais/357548.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2025.

SIEMENS. 2023. Disponível em: <https://mall.industry.siemens.com/> Acesso em: 20 abr. 2022.

SILVA, M. V. M.; LIMA, C. E. O. Aplicação de Controladores Lógicos Programáveis em Processos Industriais. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 1, p. 1412-1424, 2018.

SOUSA, A. R. F.; RODOLPHO, D. A importância da segurança do trabalho na produção industrial. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 817-824, 2020. Disponível em: [https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/pt\\_BR/article/view/1008/585](https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/pt_BR/article/view/1008/585). Acesso em: 02 jul. 2025.

STEEL, C. Risk Estimation Techniques. **The Safety & Health Practitioner**, p. 20-21, 1990.

STRAUCH, B. The automation-by-expertise-by-training interaction: Why automation-related accidents continue to occur in sociotechnical systems. **Human Factors**, v. 59, n. 2, p. 204-228, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0018720816665459>. Acesso em: 02 jul. 2025.