

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS – DPI
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

ALCIMAR OLIVEIRA DA COSTA

**ADEQUAÇÃO DE MÁQUINA DE TESTE DE PLACAS WIFI CONFORME OS
REQUISITOS DA NR 12 – ESTUDO DE CASO**

MANAUS – AM

2024

ALCIMAR OLIVEIRA DA COSTA

**ADEQUAÇÃO DE MÁQUINA DE TESTE DE PLACAS WIFI CONFORME OS
REQUISITOS DA NR 12 – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso, do Departamento de Processos Industriais, do curso de engenharia mecânica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus - Centro, como parte dos requisitos para a obtenção de título de bacharel em engenharia mecânica, e vista à obtenção de nota final na disciplina de TCC, ministrada pela professora e Mestre Micaela.

Orientador: Prof. Mestre Paulo Fernando Figueiredo Maciel.

MANAUS – AM

2024

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

C837a Costa, Alcimar Oliveira da.

Adequação de máquina de teste de placas WIFI conforme os requisitos da NR 12 – estudo de caso / Alcimar Oliveira da Costa. – Manaus, 2024. 46 p. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2024.

Orientador: Prof. Me. Paulo Fernando Figueiredo Maciel.

1. Engenharia mecânica. 2. NR 12. 3. Segurança. 4. Produtividade. I. Maciel, Paulo Fernando Figueiredo. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621

FOLHA DE APROVAÇÃO

1. Alcimar Oliveira da Costa
2. Adequação de máquina de teste de placas WIFI conforme os requisitos da NR 12 – estudo de caso.
3. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC.
4. Aprovação na disciplina de TTC2 – Bacharelado em Engenharia Mecânica.
5. IFAM – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Federal do Amazonas.

6. Data: ____/____/____

7. Componentes da banca:

Paulo Fernando Figueiredo Maciel
Bacharel em Engenharia Mecânica com ênfase em Mecatrônica
Pós-graduado em Engenharia de Petróleo
Mestre em Engenharia de Energia
Especialista em Educação Profissional e Tecnológica
Curso Tecnológico em Gestão da Qualidade
Especialização em Engenharia de Segurança do trabalho

Assinatura

IFAM -CMC

Rodson de Oliveira Barros
Bacharel em Engenharia Mecânica
Especialista em processos de fabricação mecânica

Assinatura:

Benjamin Batista de Oliveira Neto
Graduado em Mecatrônica industrial
Pós-graduado em Gestão de Negócios
Mestre em engenharia de materiais

Assinatura

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus familiares e amigos que me ajudaram nessa caminhada pela educação, em especial a minha esposa e filho pela paciência e compreensão no decorrer desses anos de dedicação aos estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de uma maneira direta ou indireta contribuíram pelo meu sucesso na missão de completar o meu curso de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aos meus professores e mestres que ministraram as disciplinas essenciais para a formação do meu caráter profissional e técnico do conhecimento.

Ao meu orientador Professor Paulo Fernando Figueiredo Maciel que se propôs a me orientar nas dúvidas e necessidades de entendimento do trabalho de conclusão.

A Camila da Costa Pinto, professora da disciplina de TCC1, que insistiu na minha formação e não deixou que eu me sentisse menor ou incapaz de realizar esse trabalho e a Michaela Socorro Bruce Fialho, professora da disciplina TCC2, que permitiu-me concretizar esse trabalho com êxito.

A empresa do polo eletroeletrônico que me deu condições de realizar a pesquisa de campo necessária para dar aparato técnico no meu projeto.

A todos dedico os meus sinceros agradecimentos.

Aos meus colegas de aulas, que sempre me incentivaram para continuar, e não deixaram que eu desistisse dessa empreitada.

RESUMO

Este estudo apresenta a adequação de uma prensa de testes às exigências da Norma Regulamentadora 12 (NR-12) do Ministério do Trabalho. Durante a análise de risco, identificou-se que o operador estava exposto ao risco de esmagamento das mãos ao posicionar placas no berço do equipamento. O objetivo da pesquisa foi implementar alterações técnicas para garantir a conformidade da máquina com a NR-12 e melhorar a segurança dos trabalhadores. A adequação foi orientada pelas normas NBR ISO 12100 e NBR 14153, que serviram de base para a avaliação de riscos, enquanto a ferramenta 5W2H foi utilizada para detalhar as modificações necessárias. O processo envolveu a confecção de uma Avaliação Preliminar de Riscos (APR), a adaptação da máquina com os componentes identificados, testes de conformidade e a elaboração de um laudo técnico que certifica a segurança da operação. Após a implementação das adequações, os resultados mostraram uma redução significativa nos riscos de acidentes e um aumento na produtividade. Além disso, observou-se uma melhoria na qualidade dos testes de placas, uma vez que os periféricos de segurança evitaram a intervenção do operador durante o processo de validação. Conclui-se que a adequação da máquina trouxe benefícios tanto para a segurança dos trabalhadores quanto para a eficiência e qualidade do processo produtivo.

Palavras-chave: Norma Regulamentadora 12; Segurança; Produtividade; Qualidade; Maquinário.

ABSTRACT

This study presents the adaptation of a test press to comply with Regulatory Standard 12 (NR-12) of the Ministry of Labor. During the risk analysis, it was identified that the operator was exposed to the risk of hand crushing when positioning plates in the machine's cradle. The objective of the research was to implement technical modifications to ensure the machine's compliance with NR-12 and improve worker safety. The adaptation was guided by the NBR ISO 12100 and NBR 14153 standards, which served as the basis for the risk assessment, while the 5W2H tool was used to detail the necessary modifications. The process involved the preparation of a Preliminary Risk Assessment (PRA), machine adaptation with identified safety components, compliance testing, and the preparation of a technical report certifying safe operation. After implementing the adjustments, results showed a significant reduction in accident risks and increased productivity. Furthermore, there was an improvement in the quality of the plate tests, as the safety peripherals prevented operator intervention during the validation process. In conclusion, the machine's adaptation provided benefits for both worker safety and the efficiency and quality of the production process.

Keywords: Normative Regulation 12; Safety; Productivity; Quality; Machinery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - JIG DE TESTES.....	17
Figura 2 - Shield Box Teste De Placas Wifi	18
Figura 3 - Fluxograma para a apreciação.....	21
Figura 4 – PL (nível de performance), NBR 14153.....	22
Figura 5 - Parametrização Da Ferramenta HRN	23
Figura 6 - Shield Box Teste De Placas Wifi - antes da adequação.....	24
Figura 7 - Área de acesso na máquina	25
Figura 8 - Tampa Superior do Equipamento - Risco de fratura para as mãos. Fonte: O autor (2023)	25
Figura 9 - Ligações Elétricas (Cabos e Aterramento)	26
Figura 10 - Ruído Na Máquina Durante A Operação	26
Figura 11 - Risco de Acidentes - Tombamento.....	27
Figura 12 - Riscos de Acidentes - LOCK-OUT & TAG-OUT	28
Figura 13 - Priorização Das Ações Por Perigo.....	30
Figura 14 - PL (Nível De Performance Aplicada Na Máquina) – NBR 14153.....	32
Figura 15 - Instrução de Trabalho da Máquina Shield Box Teste Wifi	33
Figura 16 - Circuito Eletropneumático A Ser Instalado Após Apreciação De Riscos (Fase 2 - Implantação Das Melhorias).....	34

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DADOS DE ACIDENTES EM 2024 NO AMAZONAS.....	9
QUADRO 2 – DADOS DE ACIDENTES DE TRABALHO NOS ÚLTIMOS 10 ANOS NO AMAZONAS	9
QUADRO 3 – ANTES E DEPOIS DA APRECIÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA NR 12	35
QUADRO 4 – COMPARATIVOS DE DIAS SEM ACIDENTES – NR12	36

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
JUSTIFICATIVA.....	11
OBJETIVOS.....	13
1. REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.1. NR12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos	14
1.2. BREVE HISTÓRICO E CONCEITOS	16
1.2.1. Definição de JIG de testes.....	17
1.2.2. Da máquina de teste wifi – Shield Box (máquina analisada)	18
1.2.3. Levantamento de riscos – LR	18
1.2.4. Apreciação de Riscos – AR	19
2. METODOLOGIA – HRN - HAZARD RATING NUMBER	20
2.1. AP – Apreciação de Perigos – Aplicação da ferramenta.	20
2.2. Método de avaliação utilizado na apreciação de riscos	20
2.3. Máquina em estudo (SHIELD BOX TESTE WIFI DE PLACAS – antes da adequação)	24
2.4. Aplicação da técnica – HRN - <i>Hazard Risk Number</i>	24
2.5. Riscos encontrados após aplicação da AP – Apreciação de Riscos	31
2.6. Ações definidas na APR para instalações de melhoria	31
3. AVALIAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO DA MÁQUINA	31
4. DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA DA OPERAÇÃO DA MÁQUINA(IT)	32
5. ESQUEMA ELETROPNEUMÁTICO	34
6. ADEQUAÇÃO DOS COMPONENTES NO MAQUINÁRIO	34
7. FASES DE TESTES.....	35
8. ADEQUAÇÃO (CONFIRMAÇÃO DO ATENDIMENTO A NORMA 12)	36
9. RESULTADOS ALCANÇADOS COM A IMPLANTAÇÃO DA NR12 NO MAQUINÁRIO.....	36
ANEXOS	41

INTRODUÇÃO

Atualmente, existe uma preocupação crescente com as condições de saúde e segurança no trabalho, especialmente nas áreas de operação de máquinas e equipamentos. Em 22 de dezembro de 1977, entrou em vigor a Lei nº 6.514, que alterou o capítulo V do título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), referente à segurança e medicina do trabalho, além de outras providências. O capítulo V, na seção I sobre disposições gerais, estabelece no Artigo 157 que compete às empresas:

“I – Cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho; II - instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais; III - adotar as medidas que lhes sejam determinadas pelo órgão regional competente; IV - facilitar o exercício da fiscalização pela autoridade competente” (BRASIL, CLT 1977).

Esses subitens destacam a importância de as empresas cumprirem as determinações da CLT relativas à saúde e segurança dos trabalhadores. A mesma legislação também assegura a aplicação do artigo 158, que, assim como as diretrizes mencionadas, estabelece responsabilidades tanto para as empresas quanto para os trabalhadores. Segundo a normativa, a responsabilidade é definida da seguinte forma:

“I - Observar as normas de segurança e medicina do trabalho, inclusive as instruções de que trata o item II do artigo anterior; II - colaborar com a empresa na aplicação dos dispositivos deste Capítulo. Parágrafo único - Constitui ato faltoso do empregado a recusa injustificada: a) à observância das instruções expedidas pelo empregador na forma do item II do artigo anterior; b) ao uso dos equipamentos de proteção individual fornecidos pela empresa (BRASIL, CLT 1977).

Neste contexto, a portaria descreve que o trabalhador também deve ser responsável por atos que possam comprometer a sua segurança e a segurança de outros trabalhadores.

Após a criação das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, em 1978, as empresas foram obrigadas a adotar medidas para mitigação dos riscos de acidentes do trabalho, incluindo as diretrizes da NR12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, pois a operação de máquinas e equipamentos inseguros representava um dos maiores fatores de risco para a segurança dos trabalhadores. Apesar disso, dados mais recentes obtidos através do Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho demonstram que mesmo após mais de 40 anos após a publicação da NR 12, o maior grupo de agentes causadores de acidentes do trabalho continua

sendo de Máquinas e Equipamentos, representando 14,8% de todos os grupos em 2022 (SMARTLAB, 2024).

Para apresentar com maior clareza os dados quantitativos sobre os acidentes de trabalho ocorridos nos últimos anos, uma das revistas mais conceituadas do Brasil, a *Revista Proteção*, publica periodicamente um anuário com informações sobre os acidentes de trabalho no país, tanto de forma geral quanto por região. No caso específico, a análise é voltada para a Região Norte, conforme demonstrado abaixo:

QUADRO 1 – DADOS DE ACIDENTES EM 2022 NO AMAZONAS

TRABALHADORES	ACIDENTES	ÓBITOS
713.243	6.353	18

Fonte: ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO (2024)

QUADRO 2 – DADOS DE ACIDENTES DE TRABALHO NOS ÚLTIMOS 10 ANOS NO AMAZONAS

ANO	TRABALHADORES	TÍPICO	TRAJETO
2013	644.411	5.208	1.063
2014	642.920	5.142	1.175
2015	611.161	4.413	1.025
2016	572.005	3.620	1.009
2017	584.318	3.485	887
2018	596.692	3.838	881
2019	591.395	3.963	816
2020	592.188	3.570	638
2021	653.783	4.083	1.114
2022	713.243	4.082	1.262

Fonte: ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO (2024)

De acordo com o item 12.1.4 da Norma Regulamentadora 12, todas as máquinas e equipamentos fabricados no Brasil ou importados, sejam novos ou

usados, devem ser adequados antes de entrarem em operação. São exceções: máquinas e equipamentos movidos ou impulsionados pela força humana ou animal, aqueles expostos em museus, feiras e eventos (desde que não sejam empregados para fins produtivos), máquinas transportáveis (semi-estacionárias) operadas eletricamente, e máquinas certificadas pelo Inmetro.

Dessa forma, a engenharia mecânica precisa dedicar atenção especial ao cumprimento das normas, como a NR 12, visto que a falta de conformidade tem impacto direto no insucesso de projetos. A segurança deve ser um fator considerado desde a fase inicial de concepção, permeando todas as etapas de instalação, operação, testes, processos e manutenção dos equipamentos. Garantir essa adequação desde o início é essencial para prevenir acidentes e assegurar a eficiência dos projetos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é a realização de um estudo de caso para adequação de prensas e JIGs de testes de produtos eletroeletrônicos em uma empresa do Polo Indústria de Manaus (PIM), visando ainda a abordagem de outras normas de referência para a realização desta adequação, tais como a ISO 12100 e a NBR 14153, em conjunto com as normas internacionais, que serviram de base para a criação da própria NR12.

O funcionamento do equipamento deve ser cuidadosamente analisado pela engenharia, pois, após a conclusão do projeto, é fundamental verificar se a máquina oferece riscos aos trabalhadores. Para isso, realiza-se um levantamento de riscos específico, considerando o tipo de equipamento e o setor de trabalho.

JUSTIFICATIVA

A apreciação de riscos em prensas de teste é fundamental para garantir a operação segura desses equipamentos, atendendo às exigências da Norma Regulamentadora 12 (NR-12) do Ministério do Trabalho. Este estudo se justifica pela necessidade urgente de identificar e mitigar os riscos associados ao uso de prensas, visando à proteção da saúde e segurança dos operadores, além de assegurar a conformidade legal. A implementação de avaliações de risco é essencial para minimizar a probabilidade de acidentes e promover um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

Os critérios técnicos que orientam este estudo estão baseados nas normas NBR ISO 12100, NBR 14153 e ABNT ISO/TR 14121-2. A NBR ISO 12100 oferece diretrizes para a identificação e avaliação de riscos, enquanto a NBR 14153 aborda requisitos específicos de segurança em máquinas. Já a NBR ISO/TR 14121-2, fornece orientação prática sobre como conduzir avaliações de risco para máquinas de acordo com a ISO 12100 e descreve vários métodos e ferramentas para cada etapa do processo. Estas normas são essenciais para definir as melhorias a serem implementadas, garantindo que as prensas de teste atendam aos padrões técnicos e legais.

Este estudo busca solucionar os seguintes problemas principais:

1. **Risco de Acidente:** A apreciação de riscos identificará perigos potenciais na operação da prensa, avaliando a probabilidade e a gravidade dos acidentes que podem ocorrer. A necessidade de inserir componentes de segurança é crucial para prevenir tais acidentes, protegendo a integridade física dos operadores e assegurando uma operação segura do equipamento.
2. **Conformidade com a NR-12:** A adequação às normas NR-12 é imprescindível para evitar sanções legais e possíveis processos trabalhistas. A não conformidade pode resultar em custos elevados com processos judiciais movidos por trabalhadores acidentados, que alegam negligência por parte das empresas na adequação das máquinas.
3. **Custos Operacionais e Impacto Econômico:** Os acidentes de trabalho acarretam custos operacionais significativos, como gastos com medicamentos, treinamentos de novos funcionários, e processos de seleção e substituição de

trabalhadores afastados. Além disso, os acidentes podem danificar o maquinário, gerando custos adicionais com reparos e impactando negativamente a qualidade e a produtividade. A adequação das máquinas visa reduzir esses custos e melhorar a eficiência operacional, contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro e menos oneroso.

Dessa forma, a análise e a adaptação das máquinas industriais às normas de segurança têm uma importância social significativa, pois ajudam a proteger os direitos dos trabalhadores e promovem um desenvolvimento econômico sustentável. O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é, melhorar as condições de trabalho em uma empresa específica e fornecer informações sobre os requisitos e recursos necessários para adequar uma máquina de WIFI às diretrizes da NR 12. Além disso, será essencial avaliar e apresentar à empresa as medidas adequadas conforme os requisitos da NR 12, permitindo decisões mais eficazes em relação à segurança dos trabalhadores e à produtividade. Este estudo também poderá servir como um guia para outras empresas que precisam adaptar seus equipamentos às exigências da NR 12.

Portanto, a realização deste estudo é essencial para implementar melhorias nas prensas de teste, garantindo a conformidade com as normas de segurança e minimizando os impactos financeiros e operacionais decorrentes de acidentes de trabalho. A análise e aplicação das normas técnicas assegurarão a proteção dos operadores e a eficiência dos processos produtivos.

OBJETIVOS

Geral

- Adequar uma máquina de um processo produtivo, de testes de placas WIFI conforme a Norma Regulamentadora 12 do MTE.

Específicos:

- Realizar apreciação de riscos (APR);
- Adequar a máquina com base na APR e implantação dos componentes e ações solicitadas;
- Realizar o laudo da máquina que foram adequadas conforme legislação NR12.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. NR12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

No intuito de diminuir o número de acidentes, o Ministério do Trabalho através da portaria Nº 3.214 de 08 de junho de 1978 publicou as normas regulamentadoras direcionadas para a área de segurança do trabalho, conforme cita o manual de aplicação da NR 12:

“A revisão da NR-12, aprovada pela Portaria MTB nº 3.214, de 08 de junho de 1978, originou-se do consenso obtido por intermédio do debate tripartite, iniciado pelo extinto Ministério do Trabalho, com a publicação da Portaria SIT nº 197, de 17 de dezembro de 2010, e concluído, em 2019, com a edição da Portaria SEPRT nº 916, de 30 de julho de 2019, contando com a participação das entidades representantes do setor empresarial e dos trabalhadores, de vários segmentos econômicos, entre outros atores e entidades sociais e governamentais (BRASIL, 2022, p2.).

Como citado no manual, entre as normas públicas está a Norma Regulamentadora 12, que fala sobre a segurança no trabalho de máquinas e equipamentos, a qual foi feita várias alterações com o passar do tempo, foi se adequando a realidade das indústrias, e a partir da portaria SIT Nº197 de dezembro de 2010, sofreu relevantes alterações que, aumentou a responsabilidade das empresas quanto às condições seguras de operação das máquinas e equipamentos.

Conforme consta na normatização no item 12.1 – princípios gerais, relata que:

Esta Norma Regulamentadora - NR e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas regulamentadoras aprovadas pela Portaria Ministério do Trabalho nº 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, opcionalmente, nas normas Europeias tipo “C” harmonizadas (BRASIL, 2022, p2).

Este item, que foi acrescentado em 2010, fez a grande diferença para que a NR 12 viesse a mudar o panorama quanto à diminuição de acidentes. A NR 12 estabelece três medidas prioritárias que o empregador deve tomar para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores, a serem adotadas na seguinte ordem:

Medidas de proteção coletivas, medidas administrativas ou de organização do trabalho e medidas de proteção individual. Para que essas medidas possam ser cumpridas, se faz necessário um levantamento denominado de “apreciação de riscos” no qual será verificado as condições que a máquina ou equipamento se encontra, os riscos provenientes de sua operação e a categoria do sistema de segurança que a máquina está classificada. Com essa determinação, é citada a diferença entre perigo e risco como forma de explicar o melhor entendimento da apreciação.

Perigo – é uma situação que coloca sob ameaça a existência ou integridade física de uma pessoa. Já a NBR 12100-1:2003 o caracteriza como “**fonte potencial de dano**”, e que se vinculam a natureza da atividade, por exemplo: perigo de choque elétrico, perigo de intoxicação etc. Conforme definido por Sanders e McCormick (1993), “perigo é uma condição ou conjunto de circunstâncias com o potencial de causar ou para uma lesão ou morte”.

Risco, pode ser definido como:

Risco “(...) é uma função da natureza do perigo, acessibilidade contribuir ou acesso de contato (potencial de exposição), características da população exposta(receptores), a probabilidade de ocorrência e a magnitude da exposição e das consequências (...)” (KOLLURU, 1996, p. 1.10).

Logo conclui-se que, riscos são situações que envolve as atividades que colocam em perigo a integridade física das pessoas que operam máquinas e equipamentos.

No escopo da NR12, consta também a responsabilidade dos trabalhadores, os tipos de arranjos físicos e instalações que devem ser adotados, as posições dos dispositivos elétricos, de partida, acionamento e parada, os sistemas de segurança que devem ser instalados na zona de perigo da máquina, os dispositivos de parada de emergência, a manutenção das máquinas, os procedimentos de trabalho e segurança, a capacitação dos trabalhadores para a operação segura, outros requisitos de segurança e doze (12) anexos para vários tipos de acessórios e maquinários conforme o sistema de segurança a ser instalado e a atividade que serão executadas.

O texto da NR12 não inclui todos os detalhes necessários para a implementação completa dos requisitos estabelecidos. Portanto, é recomendável consultar normas técnicas adicionais e mais detalhadas em vigor atualmente. Segundo a ABNT, a normalização é o processo que desenvolve e aplica regras para resolver e prevenir problemas (ABNT, 2023). Nesse contexto, as normas da ABNT,

amplamente aceitas por padronizar trabalhos científicos e acadêmicos, também oferecem diretrizes para a aplicação de medidas de segurança em máquinas, abrangendo desde o gerenciamento de riscos até a instalação de dispositivos e sistemas de segurança. A seguir, apresentamos as normas relevantes para a pesquisa em questão:

ABNT/NBR ISO 12100:2013 - Segurança de Máquinas – Princípios Gerais de Projeto – Avaliação e Redução de Riscos: Esta norma define princípios para a avaliação e minimização de riscos, oferecendo orientações para os projetistas na implementação dessas medidas.

ABNT ISO/TR 14121-2:2018 – Segurança de máquinas — Avaliação de risco — Parte 2: É uma norma que trata da segurança de máquinas e especificamente aborda a avaliação de riscos fornecendo diretrizes e orientações para esta avaliação em máquinas.

ABNT/NBR ISO 14153:2013 – Esta Norma especifica os requisitos de segurança e estabelece um guia sobre os princípios para o projeto (ver NBRNM213-1) de partes de sistemas de comando relacionadas à segurança. Para essas partes, especifica categorias e descreve as características de suas funções de segurança. Isso inclui sistemas programáveis para todos os tipos de máquinas e dispositivos de proteção relacionados.

1.2. BREVE HISTÓRICO E CONCEITOS

As Normas Regulamentadoras (NR) de Saúde e Segurança do Trabalho definem requisitos essenciais para várias atividades, com o objetivo de proteger a saúde e a integridade física dos trabalhadores, bem como prevenir acidentes e doenças ocupacionais. Entre essas normas, destaca-se a NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. No subitem 12.1.1 da NR 12, está estabelecido que esta norma, juntamente com seus anexos, possui os seguintes requisitos:

“(...) definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e

ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas (...) (BRASIL, 2022, p. 2).

1.2.1. Definição de JIG de testes

Conforme Figura 1 - JIG de Testes, pode-se observar um modelo de JIG de testes o qual é uma prensa de pequeno porte para testes de placas ou produtos.

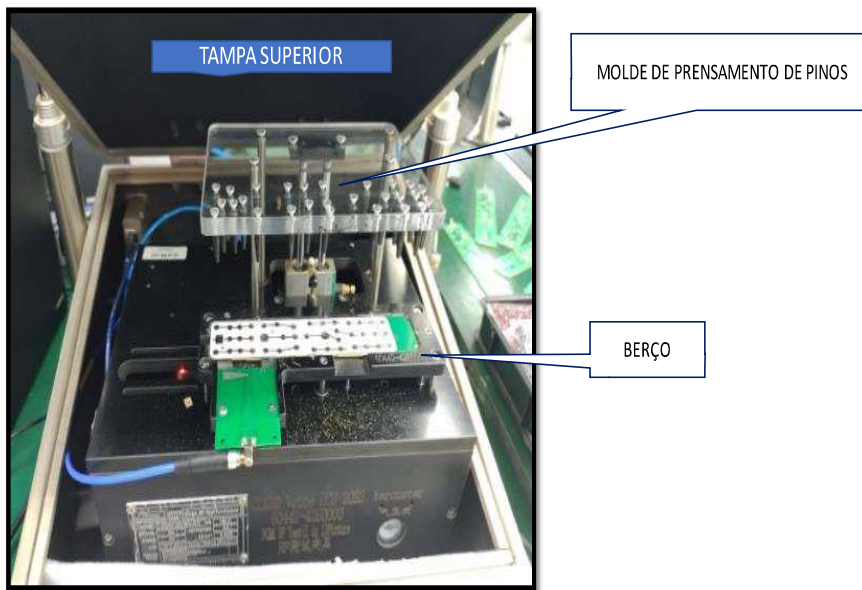


Figura 1 - JIG DE TESTES

Fonte: www.engenhariahibrida.com.br (2023)

É uma máquina manual ou mecânica usada para comprimir uma peça ou produto entre as suas duas peças principais. É um equipamento que possui uma mesa com regulagem de alturas e furos, e uma válvula de sobrecarga que impossibilita que o operador utilize a unidade com cargas superiores à sua capacidade. O JIG de teste é um equipamento que realiza testes automatizados de produtos. Os testes podem ser aplicados para componentes, módulos e placas eletrônicas em geral.

De modo geral os JIGs de testes são prensas de pequeno porte que são usados para testes de produtos, placas ou segmento industrial onde há a necessidade de testes funcionais para efetivar a qualidade do processo de fabricação.

1.2.2. Da máquina de teste WIFI – SHIELD BOX (máquina analisada)

É possível visualizar equipamento de testes de placas WIFI, que realiza o teste de funcionamento da placa. A placa é inserida no berço da máquina, a qual acionada por botão iniciar, o berço é recolhido ao interior da máquina blindada, onde ocorre a leitura da estrutura da placa, como mostra a Figura 2 – Shield Box Teste De Placas Wifi, abaixo:

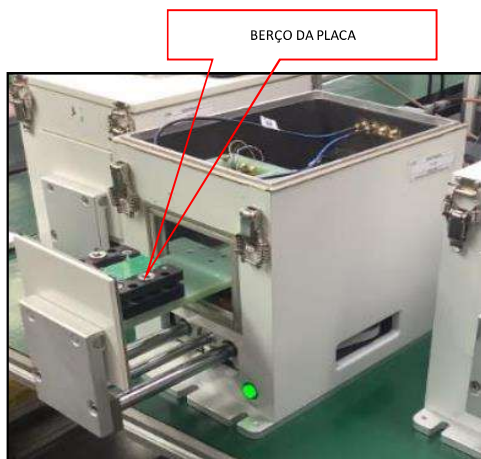


Figura 2 - Shield Box Teste De Placas Wifi

Fonte: O Autor (2023)

Caso esteja conforme projetado pela engenharia, com todos os parâmetros atendidos, a placa é aprovada, terminando o teste. Após o término do teste, o berço é liberado para fora, onde o operador retira a placa e coloca na esteira para a próxima etapa de testes. Estas informações foram obtidas na Instrução de Trabalho – ENG01, conforme Figura 16.

1.2.3. Levantamento de riscos – LR

O Levantamento de riscos de uma empresa está relacionado com os tipos de máquinas e equipamentos e deve ser feito priorizando todas as máquinas e equipamentos existentes no processo produtivo. Durante o levantamento será coletado primeiramente os tipos de máquinas, suas similares em quantidade, local de uso(setores), características técnicas iniciais e manuais, instruções de trabalho e processo operacional.

Simultaneamente, o autor deste trabalho realizou um levantamento preliminar de riscos, utilizando seus conhecimentos de formação em segurança do trabalho e

sua experiência com empresas do polo industrial de Manaus. Para a identificação inicial de perigos, foi utilizada a metodologia APR – Análise Preliminar de Riscos.

Assim, para identificar os perigos associados à operação de máquina de teste WIFI, foram empregadas a abordagem de previsão de probabilidade, por meio da metodologia APR.

1.2.4. Apreciação de Riscos – AR

A apreciação de riscos é um processo que envolve duas etapas contínuas: a APR e a AP. A APR, que é uma análise preliminar dos riscos existentes na máquina ou equipamento, ou seja, “Combinação da especificação dos limites da máquina, identificação de perigos e estimativa de risco.

Durante a fase de identificação de perigos, foi utilizada a APR – Análise Preliminar de Riscos:

“A Análise Preliminar de Riscos (APR) consiste na metodologia de antecipação e reconhecimento dos riscos existentes em cada etapa do processo, a determinação das medidas de eliminação e controle dos riscos e os responsáveis pela execução das medidas preventivas ou corretivas.” (MOREIRA, 2023, p. 2).

Essa técnica é descrita na norma ABNT NBR ISO/IEC 31010:2012 como APP – Análise Preliminar de Perigos. Segundo essa norma da ABNT, a definição de Análise Preliminar de Perigos (APP) é: “Análise sistemática de um processo ou operação para identificar potenciais perigos e avaliar os riscos associados aos perigos identificados.” (ABNT, 2012).

A AP é a avaliação de perigos propriamente descrita, que verifica as condições do potencial de perigo que a máquina ou equipamento proporciona para o operador, ou seja, “o julgamento com base na análise de risco, do quanto os objetivos de redução de risco foram atingidos” (NBR 12.100).

Durante a apreciação de riscos será determinado os limites da máquina, que incluem a utilização correta, seguindo os parâmetros, instrução de trabalho e manual de uso; identificar os perigos que podem ser gerados pelas máquinas e as situações perigosas associadas.

Avaliar os riscos, levando em conta a severidade de eventuais lesões ou danos à saúde e a probabilidade de sua ocorrência.

Avaliar os riscos, com vista a determinar se a redução de risco é necessária. Eliminar os perigos ou reduzir os riscos associados a estes riscos através da aplicação

de medidas de proteção e adequação da máquina com os componentes necessários para cumprir com a normatização.

2. METODOLOGIA – HRN - HAZARD RATING NUMBER

2.1. AP – Apreciação de Perigos – Aplicação da Ferramenta

Foi realizado um estudo dos possíveis riscos encontrados durante o manuseio do maquinário. A ferramenta utilizada foi a metodologia chamada HRN - *Hazard Rating Number*, que significa número de classificação de risco.

Este método é uma maneira de quantificar os riscos que geralmente são observados na operação da máquina. Além disso, esse método mede seus efeitos, identificando se são aceitáveis ou precisam de ações preventivas/corretivas.

Nos estudos realizados por Rhyhan Domigues Damasceno Frazão e sua equipe, é possível encontrar detalhes sobre a criação de Chris Steel (1990), que se tratava de uma equação matemática com o objetivo de quantificar os riscos de máquinas e equipamentos, segundo as informações presentes no artigo era possível entender os riscos ocorridos durante todas as etapas que envolvia desde a instalação até a lubrificação do equipamento.

Esta equação matemática a qual Steel (1990), relata, é a HRN (*Hazard Risk Number*). A HRN trata-se de um método quantitativo que atribui valores numéricos que podem ser descritos como: um método quantitativo onde valores numéricos são atribuídos para os seguintes itens: “probabilidade de exposição, de entrar em contato com o perigo (PE); A frequência de exposição ao perigo (FE); Probabilidade Máxima de perda (MPL) e o número de pessoas expostas ao risco (NP) Steel (1990).

2.2. Método de avaliação utilizado na apreciação de riscos

A Norma brasileira NBR ISO 12100-1, estabelece que a apreciação de risco de uma máquina, deve seguir uma sequência a permitir uma avaliação sistemática dos perigos existentes no maquinário utilizando o seguinte fluxograma da norma europeia EN ISO 13849-1, o qual pode ser consultado na Figura 3 – Fluxograma para a apreciação, conforme abaixo:

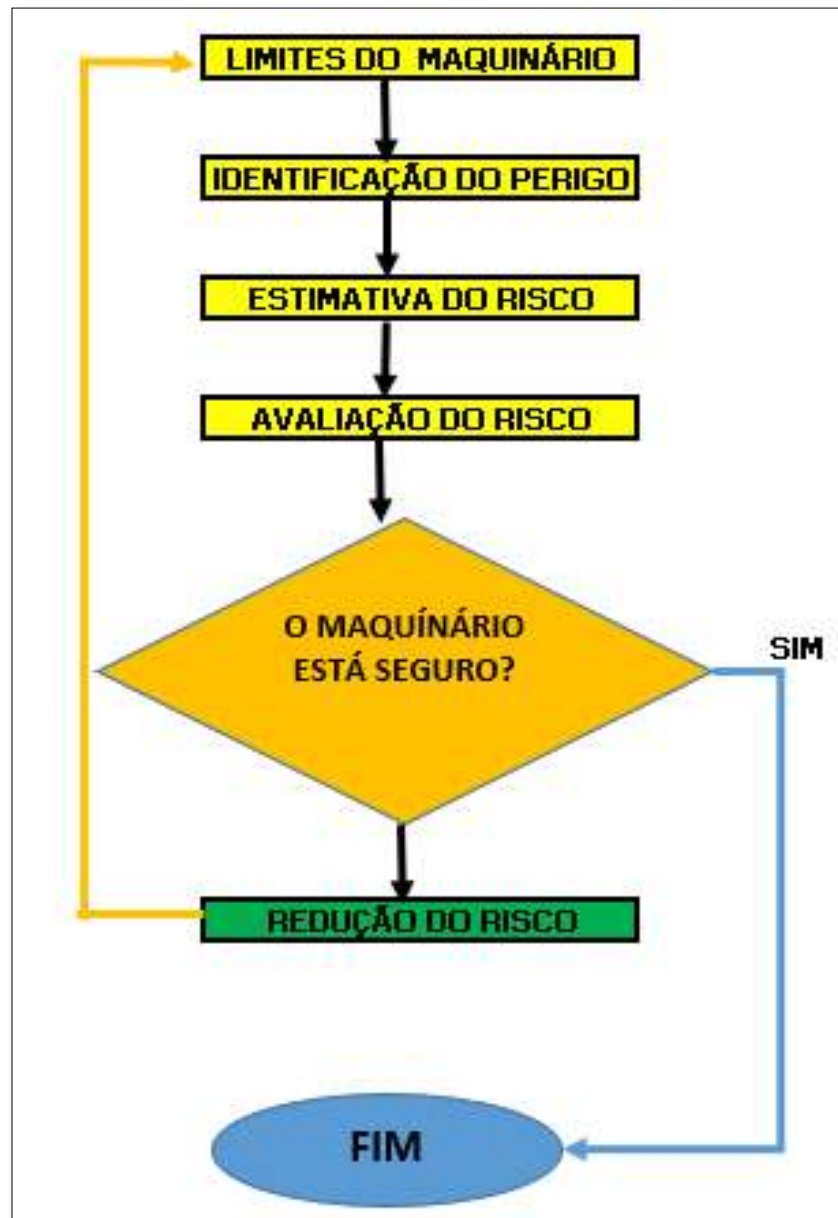


Figura 3 - Fluxograma para a apreciação

Fonte: O Autor (2023)

Para estipular o nível de performance exigido pela norma para o Sistema de segurança da máquina, é definido um gráfico de risco que demonstra através de fatores de aplicação predefinidos os parâmetros de avaliação. Entre eles estão: A gravidade dos prováveis ferimentos, a frequência de exposição aos riscos existentes na operação da máquina e a possibilidade de melhorias a ser introduzidas conforme Figura 4 – PL (nível de performance), NBR 14153, a seguir:

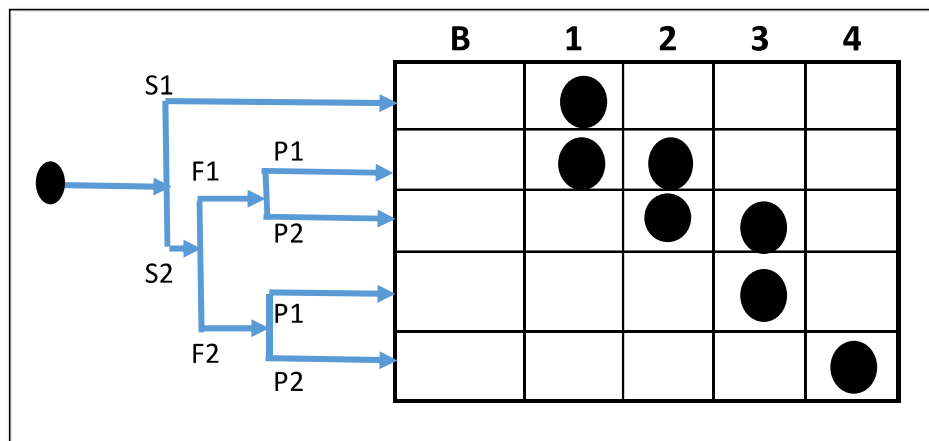


Figura 4 – PL (nível de performance), NBR 14153

Fonte: O Autor – (2023)

O resultado do gráfico de nível de performance, irá definir de modo assertivo a categoria do sistema de segurança que está sendo exigido para instalação e cumprimento da norma regulamentadora 12. Como citado anteriormente, a técnica utilizada na APR, é a HRN (*Hazard Rating Number*). Com a utilização desta técnica, será possível prever os aspectos relevantes para que se tenha um panorama dos riscos encontrados no maquinário. Esta técnica tem base normalizada na EN ISO 14121-1, a qual prevê os seguintes aspectos de apreciação:

- ✓ Grau de possíveis danos – DPH (*Degree of Possible Harm*).
- ✓ Probabilidade de Ocorrência de um Evento Perigo (LO – *Likelihood of Occurrence*).
- ✓ Frequência e/ou duração da Exposição (FE – *Frequency of Exposure*) e;
- ✓ Número de pessoas expostas (NP- *Number of Person at risk*).

Todos esses critérios serão aplicados na avaliação definindo os riscos e o perigo iminente da máquina. Desta maneira, demonstra-se o quanto a máquina é perigosa e qual o nível de risco ela expõe o operador. Como toda técnica necessita de parâmetros numéricos, a HRN, define uma fórmula para enquadrar o resultado encontrado após a aplicação desta técnica. A fórmula utilizada dar-se a seguir:

Fórmula da HRN

$$HRN = DPH \times LO \times FE \times NP$$

E os parâmetros para seleção dos valores baseados nas informações disponíveis pode ser visualizado a seguir na Figura 5 - Parametrização da Ferramenta HRN.

DPH (Degree of Possible Harm) Grau dos possíveis danos		
0,1	Arranhão ou contusão	
0,5	Laceração ou efeito de mal-leve	
2	Ruptura de osso menor ou doença menor (temporário)	
4	Quebra de ossos grandes ou doença grave (temporário)	
6	Perda de um membro, olhos, audição (Permanente)	
10	Perda de dois membros, ou dois olhos (Permanente)	
15	Fatalidade	
LO (Likelihood of Occurrence) Probabilidade de ocorrência		
0,03	Quase impossível	Apenas em circunstâncias extremas
1	Altamente improvável	Embora concebível
1,5	Improvável	Mas pode ocorrer
2	Possível	Mais incomum
5	Existe chance	Poderia acontecer
8	Provável	Não é surpreendente
10	Muito provável	De se esperar
15	Certo	Sem dúvida
FE (Frequency of Exposure) Frequência de exposição		
0,5	Anualmente	
1	Mensal	
1,5	Semanal	
2,5	Diariamente	
4	De hora em hora	
5	Cosntantemente	
NP (Number of Persons at risk) Número de pessoas expostas		
1	1-2 Pessoas	
2	3-7 Pessoas	
4	8-15 Pessoas	
8	16-50 Pessoas	
12	50 + Pessoas	

RESULTADO DA TÉCNICA HRN	
HRN	Risk Risco
0-5	Insignificante
5 A 50	Baixa, significativa
50-500	Alto
Over 500	Inaceitável
HRN = LO x FE x DPH x NP	

Figura 5 - Parametrização da Ferramenta HRN

Fonte: O Autor – (2023).

A percepção para o uso desta técnica de análise é visualmente observada durante o levantamento de riscos e após este levantamento onde envolve, questionamento com os operadores, observação das partes de riscos, e seu potencial para causar acidentes leves, médios ou de alto potencial de risco.

Obtendo todos esses parâmetros pode ser aplicado a técnica HRN, chegando a um resultado quantitativo de potencial de risco, onde estão denominados pelo seu grau na tabela apresentada. Com este grau de risco definido, detalha-se as

prioridades de ações, conforme a conceituação estabelecida pelo gráfico de nível de performance – PL.

Estas duas técnicas, que também é possível chamar de métodos de apreciação, utilizadas em conjunto, serão a base para a definição dos prováveis componentes que integrarão o maquinário em estudo. Durante a aplicação desta ferramenta, todos os riscos encontrados devem ser analisados individualmente, e após análise, definido as ações a serem implementadas.

2.3. Máquina em estudo (SHIELD BOX TESTE WIFI DE PLACAS – antes da adequação)

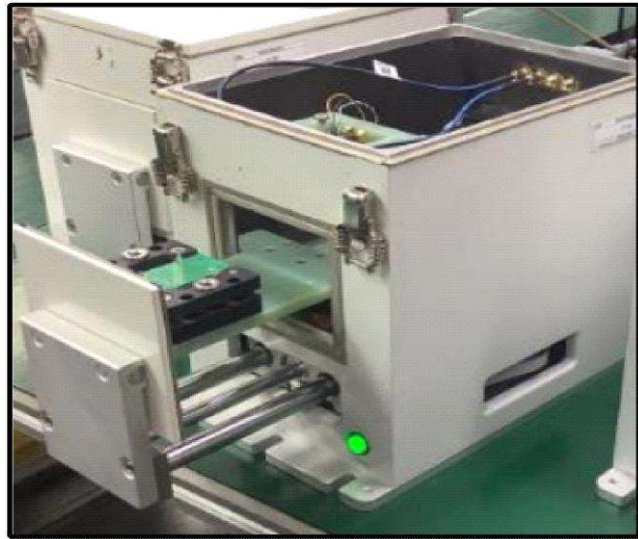


Figura 6 - Shield Box Teste De Placas Wifi - antes da adequação
Fonte: O autor (2023)

Testes de placas WIFI (prensa) - Estado anterior a adequação, antes da aplicação da técnica de HNR. Equipamento de teste de placa WIFI, onde é verificado o funcionamento do Sistema implantado nas placas. A máquina é controlada por meio de teclado, mouse e um monitor localizado na Face Frontal da máquina.

2.4. Aplicação da técnica – HRN - *Hazard Risk Number*

2.4.1. Avaliar riscos e perigos existentes na máquina

Perigo Nº1 – Grupo de riscos: Mecânico

Foi detectado que o perigo mecânico está nos elementos móveis do equipamento, localizado especificamente na parte frontal da máquina.



Figura 7 - Área de acesso na máquina

Fonte: O Autor (2023)



Figura 8 - Tampa Superior do Equipamento - Risco de fratura para as mãos.

Fonte: O autor (2023)

Risco de contusões ao acessar a tampa superior: a ausência de sensor de segurança ou sistema de fixação da tampa permite que funcionários da operação possam inadvertidamente introduzir as mãos na área interna da máquina. É necessário implementar um sistema de travamento, garantindo que o acesso seja restrito exclusivamente aos funcionários técnicos de manutenção, mediante a aplicação dos procedimentos de Log-out & Tag-out (LOTO).

Após aplicação do método HRN, conclui-se que, nas partes com perigos mecânicos o risco é baixo, porém significativo – pontuação:15.

Perigo Nº 2 – grupo de risco: Elétricos

Foi identificado perigo de contato com eletricidade (partes energizadas), localizadas especificamente na parte inferior da máquina, o qual pode ser observado na Figura 9 – Ligações Elétricas (Cabos e Aterramento), a seguir:

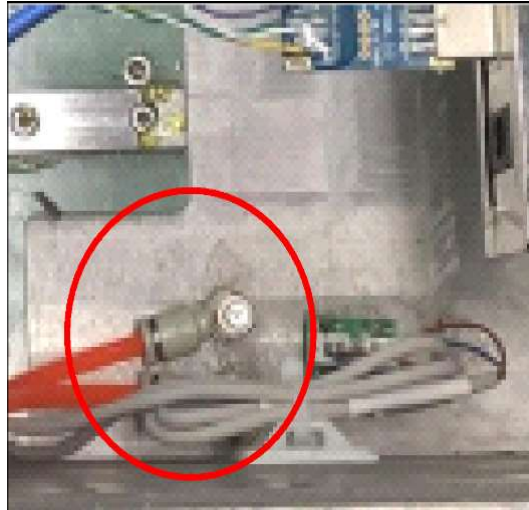


Figura 9 - Ligações Elétricas (Cabos e Aterramento)

Fonte: O autor (2023)

Após aplicação do método HRN, conclui-se que, nas partes com perigos elétricos o risco é baixo, porém significativo – pontuação: 33,75. Esta área somente poderá ser acessada pela funcionários da área técnica da manutenção elétrica, com aplicação de Log-out & Tag-out.

Perigo Nº3 – Grupo de riscos: Físico – Ruído

Foi detectado que o perigo físico ruído está durante a operação da máquina, localizado especificamente na parte superior durante o fechamento automático da máquina.

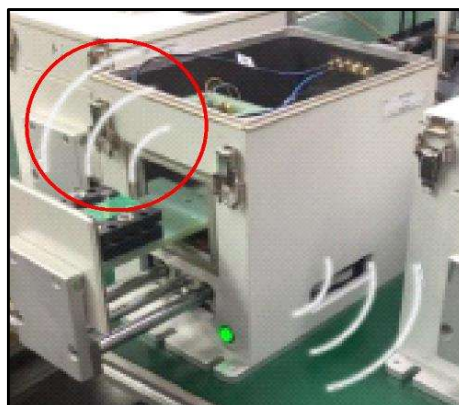


Figura 10 - Ruído Na Máquina Durante A Operação

Fonte: O autor (2023)

Risco eminente – Ruído. Geração de atrito com partes móveis da máquina. Após aplicação do método HRN, conclui-se que, nas partes com perigo físico (ruído) o risco é desprezível – pontuação: 3,75.

Perigo Nº4 – Grupo de riscos: Acidentes – Transporte

Foi verificado que durante o transporte pode ocorrer o tombamento da máquina e consequentemente lesões nas mãos ou em outras partes do corpo.



Figura 11 - Risco de Acidentes – Tombamento

Fonte: <https://www.saur.com.br>

Risco de lesão dos membros inferiores.

Após aplicação do método HRN, conclui-se que, nas partes com perigos em transporte o risco é baixo, porém significativo – pontuação:15.

Perigo Nº5 – Grupo de riscos: Limpeza e manutenção do equipamento

Foi detectado durante a limpeza e manutenção da máquina, que deve ser aplicado o bloqueio e identificação de máquinas em manutenção (Log-out & Tag-out – Bloquear e sinalizar).

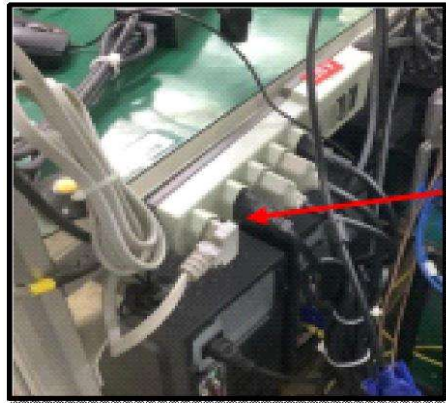


Figura 12 - Riscos de Acidentes - LOCK-OUT & TAG-OUT
Fonte: O autor (2023)

Risco de choque elétrico.

Após aplicação do método HRN, conclui-se que, nas partes com perigos com limpeza e manutenção o risco é baixo, porém significativo – Pontuação: 30.

2.4.2. Conclusão da APR - Apreciação de Riscos

Avaliações quantitativas:

Perigo 1 – mecânico:

Possibilidade de ocorrência (LO) = Improvável; Pontuação:1,5

Frequência de exposição (FE) = Constante; Pontuação: 5

Grau dos possíveis danos (DPH) = Ruptura de osso: Pontuação:2

Número de pessoas expostas = 1-2; Pontuação: 1

HRN = 15; Resultado: Risco Baixo, porém significativo.

Perigo 2 – Elétrico:

Possibilidade de ocorrência (LO) = Improvável; Pontuação:1,5

Frequência de exposição (FE) = Semanalmente; Pontuação: 1,5

Grau dos possíveis danos (DPH) = Fatalidade (Óbito): Pontuação: 15

Número de pessoas expostas = 1-2; Pontuação: 1

HRN = 33,75; Resultado: Risco Baixo, porém significativo.

Perigo 3 – Ruído:

Possibilidade de ocorrência (LO) = Improvável; Pontuação:1,5

Frequência de exposição (FE) = Constante; Pontuação: 5

Grau dos possíveis danos (DPH) = Laceração ou efeito de mal leve:

Pontuação: 0,5

Número de pessoas expostas = 1-2; Pontuação: 1

HRN = 3,75; Resultado: Risco desprezível, sem ação eminente.

Perigo 4 – Transporte:

Possibilidade de ocorrência (LO) = Improvável; Pontuação: 1,5

Frequência de exposição (FE) = Anualmente; Pontuação: 0,5

Grau dos possíveis danos (DPH) = Perca de membros; Pontuação: 10

Número de pessoas expostas = 3-7; Pontuação: 2

HRN = 15; Resultado: Risco Baixo, porém significativo.

Perigo 5 – Manutenção do equipamento:

Possibilidade de ocorrência (LO) = Possível; Pontuação: 2

Frequência de exposição (FE) = Mensalmente; Pontuação: 1

Grau dos possíveis danos (DPH) = Fatalidade (Óbito); Pontuação: 15

Número de pessoas expostas = 3-7; Pontuação: 1

HRN = 30; Resultado: Risco Baixo, porém significativo.

Após a aplicação da ferramenta HRN, com os resultados obtidos, associando os perigos aos riscos, se faz necessário a classificação dos perigos, nivelando qual o grau de prioridade será dado a cada perigo detectado (mecânico, elétrico, ruído, transporte e manutenção).

Definido este grau de prioridade, conforme o resultado da ferramenta, os perigos que serão tratados a principio serão os que apresentarem o maior índice de risco, que dentro da nomenclatura, classifica-se de risco insignificante, risco baixo porém significativo, Risco alto e Risco inaceitável.

Segue abaixo a priorização das ações por perigo e o resultado da ferramenta.

CLASSIFICAÇÃO DO RISCO			PERIGO 1 MECÂNICO	PERIGO 2 ELÉTRICO	PERIGO 3 RÚIDO	PERIGO 4 TRANSPORTE	PERIGO 5 MANUTENÇÃO
DPH (Degree of Possibile Harm) Grau dos possíveis danos			DPH	DPH	DPH	DPH	DPH
0,1	Arranhão ou contusão						
0,5	Laceração ou efeito de mal-leve				0,5		
2	Ruptura de osso menor ou doença menor (temporário)		2				
4	Quebra de ossos grandes ou doença grave (temporário)						
6	Perda de um membro,olhos, audição (Permanente)						
10	Perda de dois membros,ou dois olhos (Permanente)					10	
15	Fatalidade			15			15
PONTUAÇÃO			2	15	0,5	10	15
LO (Likelihood of Occurrence) Probabilidade de ocorrência			LO	LO	LO	LO	LO
0,033	Quase impossível		Apenas em circunstâncias extremas				
1	Altamente improvável		Embora concebível				
1,5	Improvável		Mas pode ocorrer	1,5	1,5	1,5	
2	Possível		Mais incomum				2
5	Existe chance		Poderia acontecer				
8	Provável		Nãoé surpreendente				
10	Muito provável		De se esperar				
15	Certo		Sem dúvida				
PONTUAÇÃO			1,5	1,5	1,5	1,5	2
FE (Frequency of Exposure) Frequência de exposição			FE	FE	FE	FE	FE
0,5	Anualmente					0,5	
1	Mensal						1
1,5	Semanal			1,5			
2,5	Diariamente						
4	De hora em hora						
5	Cosntantemente		5		5		
PONTUAÇÃO			5	1,5	5	0,5	1
NP (Number of Persons at risk) Número de pessoas expostas			NP	NP	NP	NP	NP
1	1-2 Pessoas		1	1	1		1
2	3-7 Pessoas					2	
4	8-15 Pessoas						
8	16-50 Pessoas						
12	50 + Pessoas						
PONTUAÇÃO			1	1	1	2	1
PARAMETRIZAÇÃO			15	33,75	3,75	15	30
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO			BAIXA, SIGNIFICATIVO	BAIXA, SIGNIFICATIVO	INSIGNIFICANTE	BAIXA, SIGNIFICATIVO	BAIXA, SIGNIFICATIVO
GRAU DE PRIORIDADE DE AÇÃO			3	1	5	4	2

RESULTADO: CLASSIFICADO COMO MAIOR RISCO DETECTADO: BAIXO, SIGNIFICATIVO, CONCLUI-SE O ATENDIMENTO PARCIAL DA NR12, PORTANTO NECESSITA DE ADEQUAÇÃO DOS PERIFERICOS DE SEGURANÇA.		RESULTADO DA TÉCNICA HRN	
LEGENDA: GRAU DE PRIORIDADE		HRN	Risk Risco
1		0-5	Insignificante
2		5 A 50	Baixa, significativa
3		50-500	Alto
4		Over 500	Inaceitável
5		HRN = LO x FE x DPH x NP	

Figura 13 - Priorização Das Ações Por Perigo

Fonte: O Autor (2023).

Nesta apreciação de risco realizada nesta máquina, foi evidenciado riscos de danos pessoais e materiais. Mesmo que a priorização das ações para a máquina esteja em nível de risco baixo, porém significativo, indica que o risco existe deve ser amenizado. Já existe histórico de acidentes com equipamento em uso.

Resultado: Atende parcialmente a NR12.

2.5. Riscos encontrados após aplicação da AP – Apreciação de Riscos

- 1) Falta Lock out & Tag-out – Não atende a NR12 (Quando houver manutenção).
- 2) Trava manual sem monitoramento – Não atende a NR12.
- 3) Não possui comando de rearme – Não atende a NR12.
- 4) Sem sensor de presença na área de risco – Não atende a NR12.

2.6. Ações definidas na APR para instalações de melhoria

- 1) Instalar proteção em policarbonato monitorada por sensor de segurança monitorada por relé de segurança, cujas especificações constam no Anexo 2 - Diagrama do Relé de Segurança a ser Implantado na Máquina.
- 2) Aparafusar a tampa superior da máquina.
- 3) Realizar Lockout-Tagout no plug de alimentação elétrica (Quando houver manutenção).
- 4) Adoção do procedimento de Lockout-Tagout nos procedimentos de manutenção e ajustes na máquina.
- 5) Realização de treinamento de segurança, conforme NR-12.

3. AVALIAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO DA MÁQUINA

Após as definições das ações, necessita-se de performance do sistema de dispositivos que serão aplicados na melhoria do dispositivo. Em seguida a aplicação da ferramenta de análise HRN, será definido a avaliação da categoria de risco para o sistema da máquina, onde será definido o grau de risco em que os componentes da máquina estão classificados segundo a norma europeia EN ISO 13849-1/2. Conforme demonstrado na figura 15 (abaixo), o sistema de segurança da máquina deverá atender o **Nível de Performance “c” (PL c)** equivalente à **Categoria 2** (NBR 14153) onde os pontos de definição de performance são:

S = Gravidade da lesão.

F= Frequência e/em ou durante o risco.

P = Formas de evitar o risco.

Definida a categoria do sistema de segurança, então com base nesta análise, também será definido os componentes que serão implantados na fase 2 do projeto (implantação e testes), os quais os esquemas eletropneumáticos e descrições técnicas constam em anexo. Após a definição da categoria do sistema e dos componentes, que serão implantados no maquinário, se faz necessário a adequação do sistema eletropneumática, para que todos os componentes apontados na APR, sejam interligados e possam interagir entre si, atuando na prevenção de riscos de acidentes.

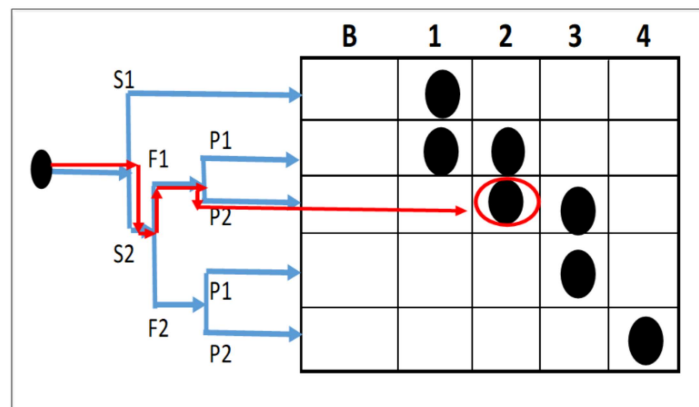


Figura 14 - PL (Nível De Performance Aplicada Na Máquina) – NBR 14153
Fonte: O Autor – (2023)

4. DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA DA OPERAÇÃO DA MÁQUINA (IT)

INSTRUÇÃO DE TRABALHO

As instruções de trabalho são documentos essenciais na indústria que definem, de maneira clara e detalhada, os procedimentos e as práticas a serem seguidas para realizar uma tarefa específica ou operar um equipamento. Elas são fundamentais para garantir a eficiência, a segurança e a qualidade das operações.

Após as definições e adequações do equipamento os operadores deveram receber treinamento adequado conforme previsto no conteúdo programático da norma regulamentadora 12.

Serão definidos na IT – Instrução de Trabalho, quais os EPIs necessário para a operação do equipamento, e o passo a passo a ser seguido para que não ocorra acidentes e o processo seja feito de maneira adequado, o qual será elaborado pela engenharia da empresa.

As instruções de trabalho ajudam a padronizar os processos, garantindo que todos os funcionários realizem as tarefas da mesma forma, o que contribui para a consistência e a qualidade do produto final.

Veja abaixo um modelo de instrução de trabalho:

LOGO DA EMPRESA	INSTRUÇÃO DE TRABALHO			IT Nº	ENG. WF1
				REVISÃO:	A
				DATA:	11/09/202
				PROCESSO: MANUFATURA	PAGINA: 1
PRODUTO PLACA WIFI		MODELO: SERIE 2000	LINHA: 1 E 2	POSTO: 1	
FIGURA 1	FIGURA 2	PROCEDIMENTO DE OPERAÇÃO:			
		1) PEGAR A PLACA NA ESTEIRA E PASSAR O SCANNER NA ETIQUETA CONFORME FIGURA 1			
		2) POSICIONAR A PLACA NO JIG DE TESTE CONFORME FIGURA 2			
		3) APÓS POSICIONAR A PLACA NO BERÇO ACIONAR O BOTÃO BIMANUAL			
		4) APÓS TESTE, TERAR O RESULTADO DE "APROVADO OU REPROVADO" CONFORME FIGURA 3. SE APROVADO (PASS) MARQUE COM O PINCEL.			
		5) APÓS TESTE, SE O RESULTADO FOR REPROVADO (FAIL), APARECERÁ NA TELA CONFORME FIGURA 4.			
		6) A PLACA REPROVADA DEVE SER TESTADA NOVAMENTE, PARA VERIFICAR			
FIGURA 3	FIGURA 4	REDUNDANCIA NO ERRO.			
		7) CASO PERSISTIR O ERRO, A PLACA DEVE SER RETRABALHADA OU SCRAPEADA.			
		EPIS: PROTETOR AURICULAR; LUVAS OU DEDEIRA; PUNSEIRA ELETROESTÁTICA;			
		A MAQUINA DEVE ESTAR ATERADA CUMPRINDO A NR12.			
					OBSERVAÇÕES:
ELABORADO POR: ALCIMAR COSTA - PROJETISTA			REVISADO POR: BENJAMIN BATISTA - ENGENHARIA DE PROCESSO		
ASSINATURA:			ASSINATURA:		
APROVADO POR: PAULO FIGUEIREDO - ENGENHARIA DE PRODUTO			APROVADO POR: RODSON BARROS - ENGENHARIA DE TESTES		
ASSINATURA:			ASSINATURA:		

Figura 15 - Instrução de Trabalho da Máquina Shield Box Teste Wifi

Fonte: O Autor (2023)

5. ESQUEMA ELETROPNEUMÁTICO

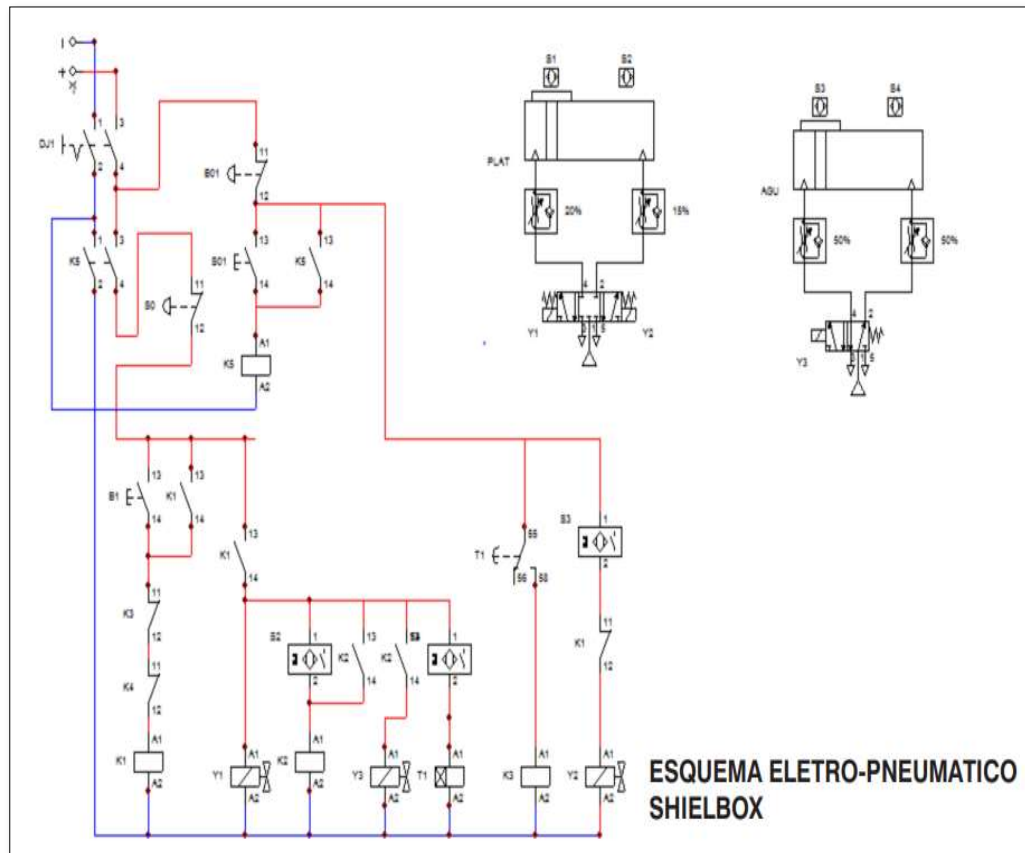


Figura 16 - Circuito Eletropneumático A Ser Instalado Após Apreciação De Riscos (Fase de Implantação Das Melhorias).

Fonte: o autor (2023)

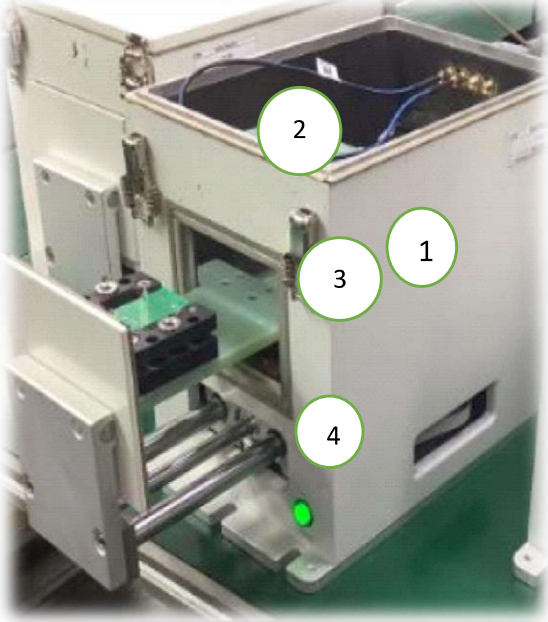
O esquema eletropneumático do equipamento foi modificado seguindo as adequações sugeridas na Apreciação de riscos. Foram incluídos no sistema componentes de segurança que estão sendo gerenciado por um relé de segurança que não existia no sistema anterior.

6. ADEQUAÇÃO DOS COMPONENTES NO MAQUINÁRIO

A adequação dos componentes foi elaborada por uma empresa terceirizada, prestadora de serviços de engenharia, no qual ficou responsável pela montagem do sistema eletropneumático, e testes de ensaios e funcionamento.

Abaixo, segue Quadro 3 – Antes e Depois da Apreciação e Implementação da NR12, para comparação e melhor visualização das adequações realizadas.

QUADRO 3 – ANTES E DEPOIS DA APRECIACÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA NR 12

ANTES DA APRECIACÃO E IMPLEMENTAÇÃO NR12	DEPOIS DA APRECIACÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA NR12
	
1)Sem proteção lateral.	1)Instalar proteção lateral em policarbonato.
2)Tampa superior não fixada.	2)Feito a fixação da tampa superior da máquina com parafusos.
3)Sem sensor de presença.	3)Com sensor de presença monitorado por relé de segurança.
4)sem botão de rearme.	4)Foi instalado botão de rearme.
5)Sem procedimento de lote para realização de manutenção e transporte.	5)Foi criado procedimento e adquirido o kit de Log-Out e Tag-out.
6)Sem procedimento de transporte do equipamento.	6)Criado procedimento de transporte.

Fonte: O Autor – (2023)

7. FASES DE TESTES

A fase de testes envolveu, teste de sensibilidade da presença das mãos na área de risco, reconhecimento do sistema operacional do sinal vindo do relé de segurança, após o recebimento de sinal de entrada do componente de segurança acionado.

8. ADEQUAÇÃO (CONFIRMAÇÃO DO ATENDIMENTO A NORMA 12)

O Laudo de conformidade deste equipamento ainda está em fase de fechamento de propostas entre a empresa e a consultoria que irá atestar que o projeto de segurança proposto está atendendo a normatização NR12. Após a conclusão dessa etapa do processo, foi sugerido pelo autor deste trabalho de conclusão, melhorias de redundância no projeto como:

1. Implantação de enclausuramento da área de risco de colocação da placa (o berço, com sensor de contato para travamento do sistema operacional durante o acesso – anexo 4).
2. Botoeira de emergência – para a questão de redundância, parada e acionamento acidental.
3. Botão bimanual. (anexo 5)
4. Cortina de luz para acionamento durante a retirada e reposição de placas no berço.

Observação: Das sugestões feita pelo autor, até o presente momento, além das adequações feitas no projeto, o item que foi implementado pela empresa foi o botão bimanual.

9. RESULTADOS ALCANÇADOS COM A IMPLANTAÇÃO DA NR12 NO MAQUINÁRIO

- 1) Redução de acidentes – índice: zero (Após a implantação da NR12, não ocorreu nenhum acidente com este maquinário).
- 2) Qualidade: índice de reprovação devido acidentes: zero.
- 3) Produtividade: A meta diária do processo de teste de placas se manteve estável – Não houve atrasos por percas de horas trabalhadas por acidentes.
- 4) Não ocorreu mais custos com processos trabalhistas, por falta de proteção e segurança nas máquinas.

QUADRO 4 – COMPARATIVOS DE DIAS SEM ACIDENTES – NR12

ANO	2019	2020	2021	2022	2023
Acidentes com afastamento	1	2	1	0	0
Dias sem acidentes no ano	260	270	260	365	285

Fonte: O Autor (2023)

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que projeto de melhoria é viável, e demonstra que quanto mais as empresas investem na proteção de máquinas, tecnologia e inovação, pode ser feito um trabalho na sua execução de forma mais segura, cumprindo a legislação e deixando um processo mais eficaz e de ótima qualidade.

A confecção da apreciação de risco de uma máquina é de vital importância para definir parâmetros e ações que possam garantir a operação segura do equipamento, de maneira que todos os requisitos pertinentes ao tipo de máquina sejam cumpridos conforme a legislação trabalhista, garantindo assim a segurança e a saúde do trabalhador nas atividades que envolvam a operação de máquinas.

A aplicação da técnica HRN, empregada neste trabalho, no maquinário em questão, permitiu a identificação dos pontos críticos e a análise das possíveis soluções, não eximindo a empresa de aplicar outras técnicas que permitam a melhoria contínua da proteção do equipamento, permitindo assim que o equipamento esteja sempre protegido e evitando possíveis atuações ou penalizações durante as fiscalizações emitidas pelo ministério do trabalho.

Ressalta-se que a qualquer tempo, caso seja necessário, os riscos envolvidos no equipamento, devem ser reavaliados, principalmente quando houver modificações nos procedimentos operacionais e de cunho administrativos que venham a afetar a operacionalidade da máquina.

O cumprimento da norma regulamentadora 12, das normas técnicas brasileiras direcionadas para a segurança das máquinas (ABNT), juntamente com as metodologias existentes para avaliar, e direcionar as adequações a serem feitas no maquinário, e em comum acordo com as normas internacionais que dão um suporte técnico base, para definições de segurança para componentes de máquinas, onde as normas brasileiras não contemplam, cria um arcabouço suficiente para que se possa cumprir com a legislação e garantir a integridade do trabalhador, que é a real intenção com relação a diminuir os índices de acidentes do trabalho no Brasil.

O Último acidente registrado na empresa foi em 2021. Foram 650 dias sem acidentes até o momento deste estudo (20.11.2023) após o início dos trabalhos de adequação do equipamento.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 10218-1:2018 - **Robôs e dispositivos robóticos** - Requisitos de segurança para robôs industriais - Parte 1: Robôs.

ABNT NBR ISO 10218-2:2018 - **Robôs e dispositivos robóticos** - Requisitos de segurança para robôs industriais - Parte 2: Sistemas robotizados e integração.

ABNT NBR ISO 13849-1:2019 - **Segurança de máquinas** - Partes do sistema de comando relacionadas à segurança - Parte 1: Princípios gerais de projeto.

ABNT NBR ISO 13849-2:2019 - **Segurança de máquinas** - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Parte 2: Validação.

ABNT NBR ISO 13850:2021 - **Segurança de máquinas** - Função de parada de emergência - Princípios para projeto.

ABNT NBR ISO 13855:2013 - **Segurança de máquinas** - Posicionamento dos equipamentos de proteção com referência à aproximação de partes do corpo humano.

ABNT NBR ISO 13857:2021 - **Segurança de máquinas** - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores e inferiores.

ABNT NBR ISO 4413:2022 - **Sistemas de fluidos hidráulicos** - Regras gerais e requisitos de segurança para sistemas e seus componentes.

ABNT NBR ISO 4414:2012 - **Transmissão pneumática de potência** - Regras gerais e requisitos de segurança para sistemas e seus componentes.

ABNT. NBR 14153:2013: **Segurança de máquinas** — Partes de sistemas de comando.

ABNT. ISO/TR 14121-2:2018 - **Segurança de máquinas** — Avaliação de risco — Parte 2: Diretrizes para a identificação de perigos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT NBR ISO 12100:2013 - **Segurança de máquinas** - Princípios gerais de projeto - Apreciação e redução de riscos.

ADEQUADA.ENG.BR. NR12: **Guia completo da norma atualizada** (2022). Disponível em: <https://adequada.eng.br/nr12/>. Acesso em: 23/05/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 272: **Segurança de máquinas** – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BRASIL. **Portaria SEPRT nº 916, de 30 de julho de 2019**. NR-12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante - INBRAEP. Disponível em: <fonte>. Acesso em: 23/05/2023.

DRAGONE, José Fausto. **Proteções de máquinas, equipamentos, mecanismos e cadeado de segurança**. São Paulo: LTR, 2011.

FRASÃO. Utilização do método HRN (Hazard Rating Number) para realizar análise de risco e projeto de adequação à NR-12 no setor de usinagem de uma grande indústria. **Revista Uniara**, 2022.

GARCIA, Ernani. Instituto de Engenharia – **Aspectos da NR 12** – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Disponível em: <fonte>. Acesso em: 25/05/2023.

GUIATRABALHISTA.COM.BR. NR-12 – **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Disponível em: <https://www.guiatrabalhista.com.br/guia/nr12.htm>. Acesso em: 19/05/2023.

HERLEMANN, Leonardo Henrique. Estudo e aplicação da norma regulamentadora nº 12 em uma empresa de minérios. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Manual de aplicação da NR-12** – Partes de sistemas de comando de máquinas relacionadas à segurança. Brasília/DF, dezembro de 2022. Disponível em: https://www.gov.br/.../nota_tecnica_2347-manual-aplicacao-nr-12.pdf/view. Acesso em: 23/05/2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **NR-12** (atualizada 2021).pdf. Disponível em: <https://www.gov.br/.../nr-12-seguranca-no-trabalho-em-maquinas-e-equipamentos.pdf>. Acesso em: 25/05/2023.

MORAES, Giovanni. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas**. 8. ed. Rio de Janeiro: Livraria Virtual, 2014.

MOREIRA, João. ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR). Disponível em: <https://www.blogsegurancadotrabalho.com.br/apr/>. Acesso em: 05 abr. 2023.

SILVA, Isabel Barreto Rochedo da; SOUZA, Bráulio Salvador. Avaliação de risco em máquinas – Os benefícios do método HRN (Hazard Rating Number). **Estudos Tecnológicos**, vol. 2, nº 1:XX-XX, p. XX-XX, set./dez. 2011.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. São Paulo: Proteção Publicações Ltda., 2024. p. 32-45. [Anuário Brasileiro de Proteção 2024 - Revista Proteção \(protecao.com.br\)](https://protecao.com.br/Anuario-Brasileiro-de-Protecao-2024).

KOLLURU, R. Risk **Assessment and Management**: a Unified Approach. In: Kolluru, R.; Bartell, S.; Pitblado, R.; Stricoff, S. Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental, Health and Safety Professionals. Boston, Massachusetts: McGraw Hill, 1996. chap. 1, p. 1.3 - 1.41

WEGE, Daniel. **Análise de Riscos de Sucesso** – APP, APR, HAZOP. Hazoper, 2014.

SANDERS, M.S.; MCCORMICK, E. J. **Human Factors in Engineering and Design**. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 1993. p. 675.

[Smartlab - Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho \(smartlabbr.org\)](https://smartlabbr.org/)

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16326/1/PG_DAMEC_2019_1_16.pdf

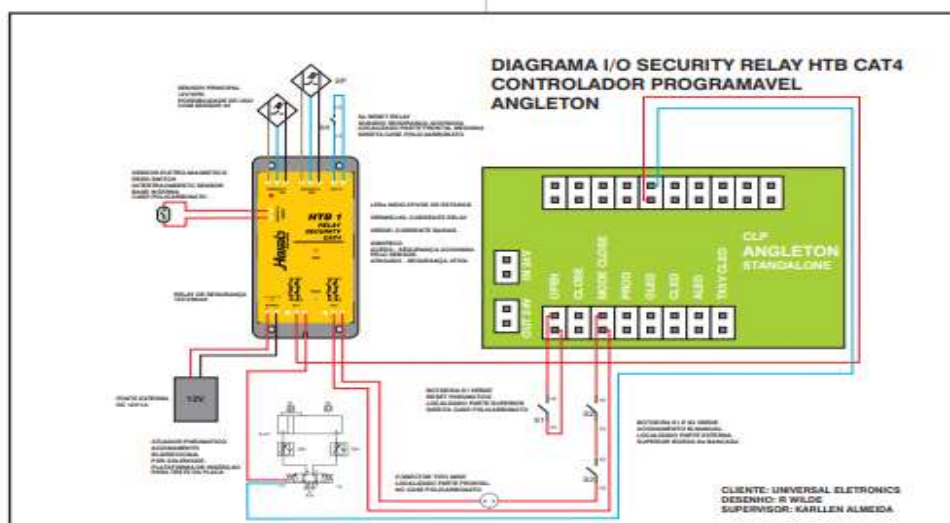
FRAZÃO, Ryan Domingues Damasceno; Goiana: [UTILIZAÇÃO DO MÉTODO HRN \(HAZARD RATING NUMBER\) PARA REALIZAR ANÁLISE DE RISCO E PROJETO DE ADEQUAÇÃO A NR-12 NO SETOR DE USINAGEM DE UMA GRANDE INDÚSTRIA | REVISTA UNIARAGUAIA](#);(online). Vol.16, n.3, p. XX-XX, set./dez. 2021.

ANEXOS

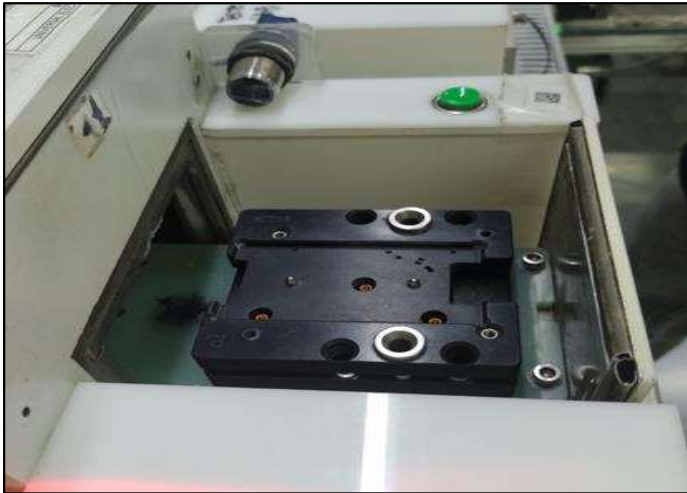
ANEXO 1 – ESQUEMA CONTROLADOR



ANEXO 2 - DIAGRAMA DO RELÉ DE SEGURANÇA A SER IMPLANTADO NA MÁQUINA



ANEXO 4 -BERÇO DA MÁQUINA (Sugestão de enclausuramento).



ANEXO 5 – SUGESTÃO DE MELHORIA DO AUTOR IMPLEMENTADA APÓS FINAL DO PROJETO – BOTÃO BIMANUAL

