



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
CAMPUS TRINDADE
ENGENHARIA ELÉTRICA

GABRIEL FELIPE DE DEUS PEREIRA

**ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DA NR-12 EM MÁQUINAS E
EQUIPAMENTOS**

Um Enfoque na Prevenção de Acidentes e Conformidade Legal

Trindade

2025

GABRIEL FELIPE DE DEUS PEREIRA

**ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DA NR-12 EM MÁQUINAS E
EQUIPAMENTOS**

Um Enfoque na Prevenção de Acidentes e Conformidade Legal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Elétrica do Instituto
Federal Goiano Campus Trindade, como parte
da exigência para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Elétrica.

Orientador(a): Prof. Me. Roberto Bessa de
Araújo

Trindade
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano -
SIBi**

P436	<p>Pereira, Gabriel Felipe de Deus ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DA NR-12 EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS / Gabriel Felipe de Deus Pereira. Trindade 2025.</p> <p>98f. il.</p> <p>Orientador: Prof. Me. Roberto Bessa de Araújo. Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0820264 - Bacharelado em Engenharia Elétrica - Trindade (Campus Trindade).</p> <p>1. Robô Industrial. 2. Indústria 4.0. 3. Safety Control. 4. Elétrica e Automação. 5. Qualidade em Processos Industriais. I. Título.</p>
------	--

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

☒ Produto técnico e educacional - Tipo: Procedimento de adequação NR-12

Nome completo do autor:

Gabriel Felipe de Deus Pereira

Matrícula:

2018108202640405

Título do trabalho:

ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DA NR-12 EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 18 / 12 / 2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
GABRIEL FELIPE DE DEUS PEREIRA
Data: 24/11/2025 15:04:13 0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Trindade - GO
Local

24 / 11 / 2025
Data

Ciente e de acordo:

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais
Assinado de forma digital por ROBERTO BESSA DE ARAUJO:40305953168
Dados: 2025.11.24 21:53:07 -03'00'

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 49/2025 - CE-TRI/GE-TRI/CMPTRI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 10 dias do mês de dezembro de 2025, às 19:30 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Roberto Bessa de Araujo (orientador), Luiz Alberto do Couto (membro) e Robert de Souza Bonuti (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DA NR-12 EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS " do estudante Gabriel Felipe de Deus Pereira, Matrícula nº 2018108202640405, do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do IF Goiano – Campus Trindade. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Roberto Bessa de Araujo
Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Luiz Alberto do Couto
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Robert de Souza Bonuti
Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Roberto Bessa de Araujo, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO**, em 10/12/2025 20:38:00.
- **Luiz Alberto do Couto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 10/12/2025 20:44:10.
- **Robert de Souza Bonuti, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 10/12/2025 20:52:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 773202

Código de Autenticação: 05cf4eda35



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Trindade

Av. Wilton Monteiro da Rocha, S/N, Setor Cristina II, TRINDADE / GO, CEP 75389-269

(62) 3506-8000

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder sabedoria, força e perseverança para chegar até aqui e superar cada desafio ao longo desta caminhada.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Trindade, pela qualidade e excelência de ensino, que contribuíram de forma essencial para minha formação acadêmica e profissional.

Ao professor Me. Roberto Bessa de Araújo, pela orientação segura, disponibilidade e dedicação durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Dr. Priscilla Araújo Juá Stecanella, pelo auxílio, pelos conselhos e pela contribuição valiosa em cada etapa da construção desta pesquisa.

A todos os mestres e professores que fizeram parte da minha trajetória, transmitindo conhecimento, valores e exemplos que levarei para a vida.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio e incentivo constantes, que sempre foram minha base e inspiração para continuar em busca dos meus objetivos.

À minha esposa, companheira fiel em todos os momentos, pela paciência, compreensão e por estar sempre ao meu lado, compartilhando sonhos, desafios e conquistas.

E, por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, deixo aqui minha sincera gratidão.

RESUMO

A priorização da segurança e da qualidade nos processos industriais, especialmente na interação entre operadores humanos e sistemas automatizados, consolidou-se como um pilar essencial da Indústria 4.0. Nesse cenário, a conformidade com a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) transcende a obrigação legal, tornando-se uma estratégia empresarial voltada à mitigação de riscos e à criação de ambientes de trabalho mais seguros e eficientes. As organizações, cientes das implicações humanas, jurídicas e financeiras dos acidentes de trabalho, têm investido em modernização tecnológica como forma de prevenção e de fortalecimento operacional. Paralelamente, o crescimento do segmento de segurança industrial no portfólio de grandes fabricantes de componentes e sistemas automatizados reflete não apenas a resposta à demanda do mercado, mas também uma oportunidade de geração de valor e lucro. Nesse contexto, a automação dos sistemas de segurança — com o uso de controladores lógicos programáveis (CLPs) dedicados, sensores de estado sólido e redes de comunicação seguras — substitui gradativamente as soluções eletromecânicas tradicionais, oferecendo maior confiabilidade, capacidade de diagnóstico e flexibilidade de integração. Assim, a sinergia entre a conformidade regulatória e a automação segura consolida-se como base para processos industriais que aliam produtividade à preservação da integridade dos trabalhadores, transformando segurança e qualidade em investimentos estratégicos para a competitividade e sustentabilidade da indústria moderna.

Palavras-chave: Robô Industrial. Indústria 4.0. *Safety Control*. Elétrica e Automação. Qualidade em Processos Industriais.

ABSTRACT

The prioritization of safety and quality in industrial processes, especially in the interaction between human operators and automated systems, has become an essential pillar of Industry 4.0. In this context, compliance with Regulatory Standard No. 12 (NR-12) transcends a mere legal obligation, evolving into a business strategy focused on risk mitigation and the creation of safer and more efficient work environments. Organizations, aware of the human, legal, and financial implications of workplace accidents, have increasingly invested in technological modernization as a means of prevention and operational strengthening. At the same time, the growth of the industrial safety segment within the portfolios of major manufacturers of components and automation systems reflects not only a response to market demand but also an opportunity for value and profit generation. In this scenario, the automation of safety systems—through the use of dedicated programmable logic controllers (PLCs), solid-state sensors, and secure communication networks—has gradually replaced traditional electromechanical solutions, offering greater reliability, advanced diagnostic capabilities, and integration flexibility. Thus, the synergy between regulatory compliance and safe automation has established itself as the foundation for industrial processes that combine productivity with the preservation of workers' integrity, transforming safety and quality into strategic investments essential to the competitiveness and sustainability of modern industry.

Keywords: Industrial Robot. Industry 4.0. Safety Control. Electrical and Automation. Industrial Process Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo interativo de apreciação e redução de riscos	28
Figura 2 - Mapa de distribuição de acidentes com máquinas e equipamentos por região (2025)	32
Figura 3 - Fluxograma de avaliação de riscos (adaptado)	35
Figura 4 - Parâmetros para escolha da categoria de risco (ABNT, 1998)	38
Figura 5 - Robô empilhamento cumeeira TAG: KUK001 – Lado A	46
Figura 6 - Robô empilhamento cumeeira TAG: KUK001 – Lado B	47
Figura 7 - Robô empilhamento cumeeira TAG: KUK001 – Lado C	48
Figura 8 - Laudo dos Arranjos físicos e instalações pré-adequação.....	50
Figura 9 - Laudo das instalações e dispositivos elétricos pré-adequação.....	51
Figura 10 - Laudo dos dispositivos de partida, acionamento e parada pré-adequação	52
Figura 11– Estado dos dispositivos de partida, acionamento e parada pré-adequação	53
Figura 12 - Laudo dos sistemas de segurança primeira parte pré-adequação	54
Figura 13 - Estado dos sistemas de segurança primeira parte pré-adequação	55
Figura 14 - Laudo dos sistemas de segurança segunda parte pré-adequação	56
Figura 15 - Estado dos sistemas de segurança segunda parte pré-adequação	57
Figura 16 - Laudo dos componentes pressurizados pré-adequação	58
Figura 17 - Laudo dos transportadores de materiais primeira parte pré-adequação.....	59
Figura 18 - Laudo dos transportadores de materiais segunda parte pré-adequação	60
Figura 19 - Laudo dos aspectos ergonômicos pré-adequação	61
Figura 20 - Laudo da sinalização pré-adequação	62
Figura 21 - Laudo dos manuais pré-adequação	63
Figura 22 - Laudo dos procedimentos pré-adequação	64
Figura 23 - Laudo da capacitação pré-adequação	65
Figura 24 - Laudo dos outros requisitos específicos pré-adequação	66
Figura 25 - Laudo dos riscos adicionais, manutenção, inspeção, ajustes e reparos pré-adequação	67
Figura 26 - Laudo das disposições finais pré-adequação	68
Figura 27 - Layout do painel adequado a NR-12 do KUK001.....	73
Figura 28 - Continuação Layout KUK001	74
Figura 29 - Desenho mecânico KUK001 – Lado A	74
Figura 30 - Desenho mecânico KUK001 – Lado B.....	75
Figura 31 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado A.....	77
Figura 32 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado B.....	78

Figura 33 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado C.....	79
Figura 34 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado D.....	80
Figura 35 - Proteções físicas – A.....	83
Figura 36 - Proteções físicas – B.....	84
Figura 37 - Proteções moveis – A	85
Figura 38 - Proteções moveis – B.....	86
Figura 39 - Proteções moveis – C.....	86
Figura 40 - Proteções moveis – D	87
Figura 41 - Dispositivo de parada de emergência – A	87
Figura 42 - Dispositivo de parada de emergência – B.....	88
Figura 43 - Dispositivo de parada de emergência – C.....	88
Figura 44 - Dispositivo de parada de emergência – D	89
Figura 45 - Painel de passagem de cabos organizado	90
Figura 46 - Testes de aferição de aterramento do painel – A	91
Figura 47 - Teste de aferição de energização do painel – B.....	91
Figura 48 - Teste de aferição de energização do painel – C.....	92
Figura 49 - Ligações dos componentes externos ao painel – A	92
Figura 50 - Ligações dos componentes externos ao painel – B.....	93
Figura 51 - Ligações dos componentes externos ao painel – C.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de avaliação de riscos	36
Tabela 2 - Classificação do risco baseada no HRN	37
Tabela 3 - Comparativo entre Relé de Segurança e CLP de Segurança	42
Tabela 4 - Pontos a serem analisados na apreciação de risco	49
Tabela 5 - Lista de materiais para a parte elétrica da máquina KUK001	68
Tabela 6 - Cronograma de adequação KUK001	76
Tabela 7 - HRN – laudo de perigo pós adequação KUK001	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPI – Equipamento de Proteção Individual
CLP – Controlador Lógico Programável
HRN – *Hazard Rating Number*
LO – Probabilidade de Ocorrência
FE – Frequência de Exposição
DPH – Grau de Possível Lesão
NP – Número de Pessoas Sob Risco
LOTO – *Lockout-Tagout*
CAT – Comunicação de Acidente de Trabalho
DPE – Dispositivos de Parada de Emergência
VCA – Tensão Corrente Alternada
VCC – Tensão Corrente Continua
APR – Análise Preliminar de Risco
NR – Norma Regulamentadora
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR – Norma Brasileira
ISO –
International Organization for Standardization
EM – European Norm
ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XIII
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS.....	19
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	19
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 NORMA REGULAMENTADORA 12 (NR-12)	20
2.1.1 INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS	21
2.1.2 DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA	22
2.1.3 SISTEMAS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.....	23
2.1.4 DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA	24
2.1.5 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA.....	24
2.1.6 CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO DE OPERADORES	25
2.1.7 CATEGORIAS DE RISCO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	25
2.2 APRECIÇÃO DE RISCOS	26
2.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE SEGURANÇA DE MÁQUINAS	29
2.2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS ASSOCIADOS	29
2.2.3 ESTIMATIVA DOS NÍVEIS DE RISCO	30

2.2.4	AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS	30
2.2.5	MEDIDAS DE REDUÇÃO E CONTROLE DE RISCO	31
2.3	ACIDENTES DE TRABALHO RELACIONADOS A MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1	PROCEDIMENTO PARA ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS CONFORME NR-12	34
3.1.1	ANÁLISE E APRECIAÇÃO DE RISCO	34
3.1.2	ADEQUAÇÃO DE SEGURANÇA	38
3.1.3	CAPACITAÇÃO DOS PROFISSIONAIS	39
3.1.4	DISPOSITIVOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS	40
3.1.5	AS POSSÍVEIS ADEQUAÇÕES SEGUINDO A NORMA	41
3.1.6	ADEQUAÇÕES MECÂNICAS	42
3.1.7	VANTAGENS DA ADEQUAÇÃO	43
3.1.8	ORIENTAÇÕES PARA REALIZAR ADEQUAÇÃO	43
4	ADEQUAÇÃO DE PLANTAS INDUSTRIAIS AOS REQUISITOS DA NORMA REGULAMENTADORA Nº 12 (NR-12)	45
4.1	ROBÔ KUKA MC 18	45
4.1.1	INFORMAÇÕES DO EQUIPAMENTO	46
4.1.2	LEVANTAMENTO TÉCNICO	48
4.1.2.1	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DO ARRANJO FÍSICO E INSTALAÇÕES	50
4.1.2.2	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DAS INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS	51
4.1.2.3	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DOS DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA	52
4.1.2.4	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DOS SISTEMAS DE SEGURANÇA	54

4.1.2.5 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DOS COMPONENTES PRESSURIZADOS	58
4.1.2.6 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DOS TRANSPORTADORES DE MATERIAIS.....	59
4.1.2.7 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DOS ASPECTOS ERGONÔMICOS	61
4.1.2.8 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DA SINALIZAÇÃO	62
4.1.2.9 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DOS MANUAIS	63
4.1.2.10 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DOS PROCEDIMENTOS	64
4.1.2.11 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DA CAPACITAÇÃO	65
4.1.2.12 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, RISCOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA PELO MÉTODO HRN DE OUTROS REQUISITOS ESPECÍFICOS DE SEGURANÇA	66
4.1.2.13 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS ADICIONAIS, MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, AJUSTES E REPAROS.....	67
4.1.2.14 ANÁLISE DAS DISPOSIÇÕES FINAIS	68
4.1.3 DEFINIÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA ADEQUAÇÃO A NR-12	68
4.1.4 PROJETO EXECUTIVO	73
4.1.4.1 LAYOUT DO PAINEL.....	73
4.1.4.2 PROJETO MECÂNICO.....	74
4.1.5 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO.....	75
4.1.6 LAUDOS	76
4.1.6.1 ARRANJO FÍSICO E INSTALAÇÕES.....	77
4.1.6.2 SISTEMAS DE SEGURANÇA	80
4.1.7 DATABOOK.....	93

5	CONCLUSÃO	95
6	REFERÊNCIAS	96

1 INTRODUÇÃO

As Normas Regulamentadoras (NR's) foram instituídas pela Portaria nº 3.214, de 1978, com o objetivo de garantir a saúde e a segurança do trabalho em diferentes atividades econômicas. Dentre elas, a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) é considerada uma das mais relevantes, pois estabelece medidas de prevenção voltadas ao uso de máquinas e equipamentos, assegurando a integridade física dos trabalhadores (Brasil, 1978).

Desde sua criação, a NR-12 passou por diversas atualizações, sendo a de 2010 uma das mais significativas, quando foram ampliadas as exigências técnicas e detalhadas as medidas de proteção. Essa evolução demonstra a necessidade de adaptação constante às mudanças tecnológicas e às demandas do setor produtivo, consolidando a norma como um marco regulatório essencial para a segurança no trabalho (Brasil, 2010).

O crescimento e a modernização do setor industrial impulsionaram a utilização de máquinas e equipamentos cada vez mais sofisticados, o que contribui para o aumento da produtividade. Contudo, esses avanços também ampliaram os riscos de acidentes, reforçando a importância de instrumentos normativos como a NR-12 (FUNDACENTRO, 2018).

Apesar da relevância da NR-12, muitas empresas encontram dificuldades para adequar suas máquinas e equipamentos. Entre 2012 e 2021, máquinas foram responsáveis por aproximadamente 15% dos acidentes de trabalho no Brasil, totalizando 734.786 ocorrências e 2.756 mortes no período (Brasil, 2022). Esses dados evidenciam a gravidade dos riscos que a norma busca mitigar.

As principais razões para a demora ou resistência na adequação envolvem fatores financeiros, técnicos e culturais. O custo estimado para a adequação de todo o parque fabril brasileiro ultrapassa R\$ 100 bilhões, representando desafio significativo, especialmente para pequenas e médias empresas (FUNDACENTRO, 2018). Além disso, o processo pode demandar paradas produtivas, complexidade técnica para análise de riscos, necessidade de profissionais especializados e resistência cultural dentro das organizações. Outro ponto controverso é a retroatividade da norma, que exige adaptações inclusive em máquinas fabricadas antes de sua implementação, o que não é comum na prática internacional (Brasil, 2019).

A aplicação da NR-12 é fundamental não apenas para garantir a conformidade legal, mas também para reduzir acidentes de trabalho e seus impactos sociais e econômicos. Entre 2012 e 2017, no estado do Paraná, foram registrados 132.601 acidentes de trabalho, resultando

em um impacto previdenciário de R\$ 917,6 milhões (MTE, 2018). Tais dados reforçam a importância da prevenção como medida estratégica.

Além da preservação da vida, a adequação à NR-12 gera benefícios diretos às empresas, como a redução de afastamentos e indenizações, diminuição de custos com multas, aumento da produtividade e melhoria da imagem institucional perante colaboradores e o mercado (FUNDACENTRO, 2018). A norma também contempla práticas ergonômicas que contribuem para a prevenção de lesões musculoesqueléticas e para a promoção da saúde ocupacional.

Portanto, a adequação à NR-12 deve ser compreendida não apenas como uma exigência legal, mas como um investimento estratégico que assegura a integridade física dos trabalhadores, garante maior eficiência produtiva e contribui para a sustentabilidade e competitividade das empresas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Estudo de caso sobre a aplicação da Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) na adequação de uma máquina destinada à fabricação e empilhamento automático de telhas tipo Cumeeira, composta por esteiras transportadoras e robô industrial Kuka, visando à redução de riscos ocupacionais e à preservação da integridade física dos trabalhadores.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar os riscos existentes nas máquinas e equipamentos analisados e verificar os requisitos legais da NR-12 aplicáveis ao contexto estudado.
- Analisar as condições da máquina em relação às exigências da norma e propor medidas corretivas e preventivas, incluindo a implementação de dispositivos de segurança e a elaboração de procedimentos operacionais seguros.
- Avaliar o impacto das adequações realizadas quanto à redução de riscos, à melhoria da segurança no ambiente de trabalho e à conformidade com a legislação vigente, registrando fotograficamente a condição das máquinas antes e após a adequação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo embasar teoricamente o presente trabalho, apresentando os principais conceitos sobre segurança em máquinas e equipamentos.

2.1 Norma Regulamentadora 12 (NR-12)

A Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) constitui o principal instrumento normativo brasileiro voltado à segurança no trabalho com máquinas e equipamentos, sendo de aplicação obrigatória em todos os setores produtivos que utilizam esse tipo de recurso. Conforme disposto em seu item 12.1.1, a norma estabelece os princípios fundamentais e as medidas de proteção necessárias para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Além disso, define requisitos mínimos destinados à prevenção de acidentes e doenças do trabalho, abrangendo desde as fases de projeto, fabricação e importação até a utilização, manutenção e descarte de máquinas e equipamentos. Dessa forma, a NR-12 atua de maneira preventiva e sistemática, promovendo ambientes de trabalho mais seguros e alinhados às boas práticas de engenharia de segurança. Sua aplicação correta contribui significativamente para a redução de riscos ocupacionais e para o cumprimento da legislação trabalhista vigente (Brasil, 2024, p. 1).

A atualização mais recente da NR-12, publicada em 2024, trouxe importantes avanços ao incorporar diretrizes relacionadas à segurança cibernética em máquinas e sistemas automatizados, especialmente em contextos industriais mais complexos. Essa revisão também reforçou a necessidade de integração segura das tecnologias associadas à Indústria 4.0, como sistemas interconectados, sensores inteligentes e controle remoto de processos. Mesmo diante dessas inovações tecnológicas, a norma manteve como eixo central a hierarquia das medidas de proteção, priorizando inicialmente as medidas de proteção coletiva, seguidas das medidas administrativas ou de organização do trabalho e, por fim, das medidas de proteção individual. Essa abordagem garante que a eliminação ou redução dos riscos seja tratada de forma estruturada e eficiente, evitando a dependência exclusiva do comportamento humano (Brasil, 2024).

Para a correta e eficaz aplicação da NR-12, é imprescindível considerar diversos fatores técnicos e operacionais relacionados às máquinas e equipamentos envolvidos. A norma estabelece que devem ser analisadas as características específicas das máquinas, os processos produtivos nos quais estão inseridas, o estado da técnica e, sobretudo, a apreciação de riscos. Nesse contexto, a análise preliminar de riscos assume papel central, pois permite identificar

perigos, estimar riscos e definir medidas de controle adequadas antes da implementação ou modificação de sistemas. Essa etapa é fundamental para garantir que as soluções adotadas sejam tecnicamente viáveis, economicamente justificáveis e compatíveis com a realidade operacional da empresa. Assim, a prevenção deixa de ser reativa e passa a ser integrada ao planejamento do processo produtivo (Brasil, 2024, p. 1).

Além de estabelecer deveres claros ao empregador, a NR-12 também atribui responsabilidades diretas aos trabalhadores que operam ou interagem com máquinas e equipamentos. Esses profissionais devem cumprir rigorosamente os procedimentos seguros de operação, manutenção e limpeza definidos pela empresa, bem como utilizar corretamente os dispositivos de segurança e os equipamentos de proteção disponibilizados. A norma ainda determina que qualquer falha, irregularidade ou ausência de proteção deve ser comunicada imediatamente aos responsáveis, evitando a continuidade de situações de risco. Destaca-se também a obrigatoriedade da participação em treinamentos periódicos, cuja carga horária mínima foi ampliada para atividades classificadas como de alto risco. Dessa forma, a NR-12 reforça a importância do fator humano como elemento essencial na prevenção de acidentes e na promoção de uma cultura de segurança no ambiente de trabalho (Brasil, 2024).

2.1.1 Instalações e dispositivos elétricos

O item 12.3 da Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) trata especificamente das instalações elétricas associadas às máquinas e equipamentos, estabelecendo requisitos fundamentais para a prevenção de choques elétricos, incêndios e outros acidentes de origem elétrica. De acordo com a norma, todas as carcaças, massas e partes condutoras que não façam parte do circuito elétrico, mas que possam ficar energizadas em condições de falha, devem ser devidamente aterradas. Essa exigência tem como objetivo garantir a equipotencialização e a atuação adequada dos dispositivos de proteção, reduzindo significativamente os riscos aos trabalhadores. Além disso, a NR-12 determina que os condutores de alimentação apresentem resistência mecânica compatível com as condições de uso, sejam protegidos contra agentes abrasivos, químicos e corrosivos, e sejam fabricados com materiais que não propaguem chama. Tais requisitos asseguram maior confiabilidade das instalações elétricas e contribuem para a segurança operacional ao longo da vida útil das máquinas (Brasil, 2024).

No que se refere aos painéis de comando e de potência, a NR-12 estabelece uma série de exigências voltadas à segurança, organização e controle de acesso às partes energizadas. Esses painéis devem possuir portas de acesso mantidas permanentemente fechadas durante a

operação normal, além de sinalização clara e visível de perigo elétrico, alertando sobre os riscos existentes. A norma também determina que os painéis sejam mantidos limpos, organizados e livres de objetos estranhos, evitando condições que possam comprometer a ventilação, a isolamento ou a segurança dos componentes internos. Outro ponto relevante é a obrigatoriedade de observância do grau de proteção adequado ao ambiente de instalação, conforme as condições de poeira, umidade e agentes externos. A atualização da NR-12 em 2024 trouxe como avanço a obrigatoriedade da identificação e análise dos riscos de arco elétrico em painéis de potência, reforçando a necessidade de medidas preventivas adicionais e de maior conscientização quanto aos perigos associados a esse fenômeno (Brasil, 2024).

2.1.2 Dispositivos de partida, acionamento e parada

Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas e equipamentos devem ser projetados e instalados de maneira a garantir a segurança dos operadores e de terceiros que circulam na área de operação. A NR-12 estabelece que esses dispositivos não podem estar localizados em zonas perigosas, evitando que o trabalhador se exponha a riscos durante sua utilização. Além disso, a norma exige que seja possível o acionamento dos dispositivos de parada em situações de emergência por outra pessoa que não seja o operador direto da máquina, assegurando resposta rápida em casos críticos. Outro requisito fundamental é a prevenção de atuações involuntárias, que podem ocorrer por falhas mecânicas, vibrações, contatos acidentais ou condições ambientais adversas. Dessa forma, o correto dimensionamento e posicionamento desses dispositivos contribuem diretamente para a redução de acidentes e para a confiabilidade operacional dos sistemas (Brasil, 2024).

A NR-12 também define critérios específicos relacionados às tensões elétricas aplicadas aos componentes de interface homem-máquina, com foco na proteção contra choques elétricos. Para máquinas fabricadas a partir de 2012, a norma determina que os dispositivos de comando e sinalização devem operar em extrabaixa tensão, limitada a até 25 V em corrente alternada ou 60 V em corrente contínua. Essa exigência reduz significativamente a severidade dos riscos elétricos em situações de falha, manutenção ou contato acidental. No caso de máquinas novas, a atualização normativa passou a recomendar maior cautela na adoção de dispositivos de comando sensíveis ao toque, como os capacitivos. Esses dispositivos devem ser utilizados apenas em aplicações específicas e devidamente justificadas, uma vez que apresentam maior probabilidade de acionamento não intencional, o que pode comprometer a segurança do processo e dos trabalhadores (Brasil, 2024).

2.1.3 Sistemas de segurança em máquinas e equipamentos

Conforme estabelece a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), as zonas de perigo existentes em máquinas e equipamentos devem obrigatoriamente possuir sistemas de segurança adequados, com o objetivo de impedir ou reduzir o acesso dos trabalhadores a áreas que apresentem riscos. Esses sistemas de segurança são caracterizados, principalmente, pela utilização de proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados aos sistemas de comando. As proteções fixas têm a função de impedir o acesso permanente às zonas perigosas, enquanto as proteções móveis permitem o acesso apenas quando a máquina se encontra em condições seguras. Já os dispositivos de segurança interligados garantem que a operação da máquina seja interrompida automaticamente em caso de abertura ou violação das proteções. Dessa forma, a NR-12 busca assegurar que a interação entre o trabalhador e a máquina ocorra de maneira controlada e segura, minimizando a probabilidade de acidentes graves (Brasil, 2024, p. 25).

Esses sistemas de segurança devem ser corretamente dimensionados e selecionados de acordo com a categoria de segurança definida a partir da apreciação de riscos da máquina ou do processo. A norma estabelece que a análise de riscos é fundamental para determinar o nível de confiabilidade, redundância e monitoramento exigido para cada sistema de proteção, conforme critérios técnicos reconhecidos. Além disso, a instalação, modificação ou adequação dos sistemas de segurança deve ser realizada sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado, garantindo conformidade com as exigências normativas e com o estado da técnica. Essa exigência assegura que as soluções adotadas sejam tecnicamente corretas, juridicamente válidas e compatíveis com as condições reais de operação. Assim, a NR-12 reforça a importância do planejamento técnico e da responsabilidade profissional como pilares essenciais para a segurança em máquinas e equipamentos (Brasil, 2024).

As proteções podem ser fixas (removíveis apenas com ferramentas) ou móveis (associadas a dispositivos de intertravamento). A proteção móvel com intertravamento e bloqueio é obrigatória quando o acesso à zona de perigo for necessário mais de uma vez por turno e o risco não for eliminado imediatamente (Brasil, 2024). A norma de 2024 enfatizou a necessidade de que os intertravamentos sejam do tipo “ação positiva” (NBR ISO 14119) para a maioria das aplicações.

2.1.4 Dispositivos de parada de emergência

A Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) estabelece que as máquinas e equipamentos devem ser obrigatoriamente equipados com um ou mais dispositivos de parada de emergência (DPE), com a finalidade de evitar ou mitigar situações de perigo iminente. Esses dispositivos devem ser posicionados de forma a permitir fácil acesso e rápida visualização por parte dos operadores e demais trabalhadores presentes na área de operação. A norma também determina que o comando do DPE deve prevalecer sobre todos os demais comandos da máquina, garantindo a interrupção imediata do funcionamento em condições críticas. Além disso, sua atuação não pode gerar riscos adicionais, como movimentos inesperados, falhas em sistemas auxiliares ou agravamento da situação de perigo. Dessa forma, o DPE é considerado um elemento essencial nos sistemas de segurança das máquinas, contribuindo diretamente para a preservação da integridade física dos trabalhadores (Brasil, 2024).

Após o acionamento, o dispositivo de parada de emergência deve permanecer retido, impedindo o religamento automático ou involuntário da máquina. A NR-12 exige que o retorno à operação somente seja possível mediante uma ação manual e deliberada de rearme, assegurando que as condições seguras tenham sido plenamente restabelecidas antes da retomada do funcionamento. Esse requisito reforça o controle sobre o processo produtivo e evita partidas inesperadas que possam colocar trabalhadores em risco. A versão atualizada da norma passou a exigir, ainda, que o funcionamento dos dispositivos de parada de emergência seja verificado periodicamente, em intervalos não superiores a 12 meses. Essa verificação periódica tem como objetivo garantir a confiabilidade do sistema, identificar falhas precocemente e assegurar que os DPEs estejam sempre aptos a cumprir sua função de proteção (Brasil, 2024).

2.1.5 Sinalização de segurança

A sinalização de segurança é crucial para advertir sobre os riscos. A NR-12 estabelece que as máquinas e suas instalações devem possuir sinalização com cores, símbolos, inscrições ou sinais luminosos e sonoros, sempre em português e de forma legível e visível (Brasil, 2024). A atualização incluiu a recomendação do uso de QR Codes nas placas para acesso rápido aos manuais de operação e emergência.

2.1.6 Capacitação e treinamento de operadores

A operação e manutenção de máquinas devem ser realizadas exclusivamente por trabalhadores “habilitados, qualificados ou capacitados e autorizados” (Brasil, 2024, p. 30). A capacitação, com conteúdo teórico e prático específico para a máquina em questão, é obrigatória e deve ocorrer antes do trabalhador assumir suas funções. A norma de 2024 introduziu a obrigatoriedade de reciclagem bienal para todas as atividades envolvendo máquinas e equipamentos.

2.1.7 Categorias de risco em máquinas e equipamentos

A Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) incorpora o conceito de categorias de risco (B, 1, 2, 3 e 4), conforme definido na NBR ISO 13849-1, que estabelece critérios para avaliar e classificar o nível de confiabilidade das partes dos sistemas de comando relacionadas à segurança de máquinas e equipamentos. Essas categorias indicam o grau de redundância, monitoramento e tolerância a falhas exigido para garantir que uma falha única não resulte na perda da função de segurança, sendo a Categoria 4 a mais robusta e confiável (ABNT, 2019).

Para determinar corretamente a categoria aplicável, a NBR ISO 13849-1 utiliza três parâmetros principais que auxiliam na avaliação do risco: S (Severidade da Lesão), F (Frequência e/ou Tempo de Exposição ao Perigo) e P (Possibilidade de Evitar o Perigo). Cada um desses parâmetros possui subdivisões que qualificam o grau de risco associado à operação da máquina:

- **S – Severidade da Lesão:**

S1: Lesão leve, como escoriações ou pequenos cortes.

S2: Lesão grave ou fatal, como amputações ou morte.

- **F – Frequência e/ou Tempo de Exposição ao Perigo:**

F1: Exposição rara ou de curta duração.

F2: Exposição frequente ou contínua ao perigo.

- **P – Possibilidade de Evitar o Perigo:**

P1: O operador pode evitar o perigo em determinadas situações.

P2: É improvável que o operador consiga evitar o perigo.

A combinação desses fatores (S, F e P) permite identificar o nível de risco de cada situação e, a partir disso, determinar a categoria de segurança apropriada ao sistema de comando da máquina. Essa relação é usualmente apresentada por meio de um gráfico de decisão presente na NBR ISO 13849-1, o qual orienta o projetista na escolha da categoria adequada.

As categorias de risco definidas pela norma são descritas da seguinte forma:

- **Categoria B:** Baseia-se em princípios fundamentais de segurança e na utilização de componentes confiáveis, porém sem redundância. É aplicável a sistemas com baixo risco de falha e onde as consequências são limitadas.
- **Categoria 1:** Mantém os princípios da Categoria B, mas utiliza componentes de maior confiabilidade e inclui verificações periódicas para assegurar o funcionamento correto das funções de segurança.
- **Categoria 2:** Incorpora dispositivos de monitoramento que realizam verificações regulares da função de segurança, detectando falhas sempre que possível antes que se tornem perigosas.
- **Categoria 3:** Possui arquitetura redundante, permitindo que uma única falha não comprometa a função de segurança. As falhas são parcialmente detectadas, mantendo a integridade funcional até que sejam corrigidas.
- **Categoria 4:** Apresenta redundância total e monitoramento contínuo, garantindo que qualquer falha, simples ou múltipla, seja detectada a tempo, assegurando o funcionamento seguro e contínuo do sistema.

A norma reforça que a seleção da categoria de risco deve ser formalmente documentada no relatório de apreciação de riscos, de forma a garantir rastreabilidade, coerência técnica e conformidade normativa. Essa documentação assegura que todas as decisões técnicas tomadas durante o projeto estejam justificadas com base nos parâmetros de segurança e nas exigências da legislação vigente.

2.2 Apreciação de riscos

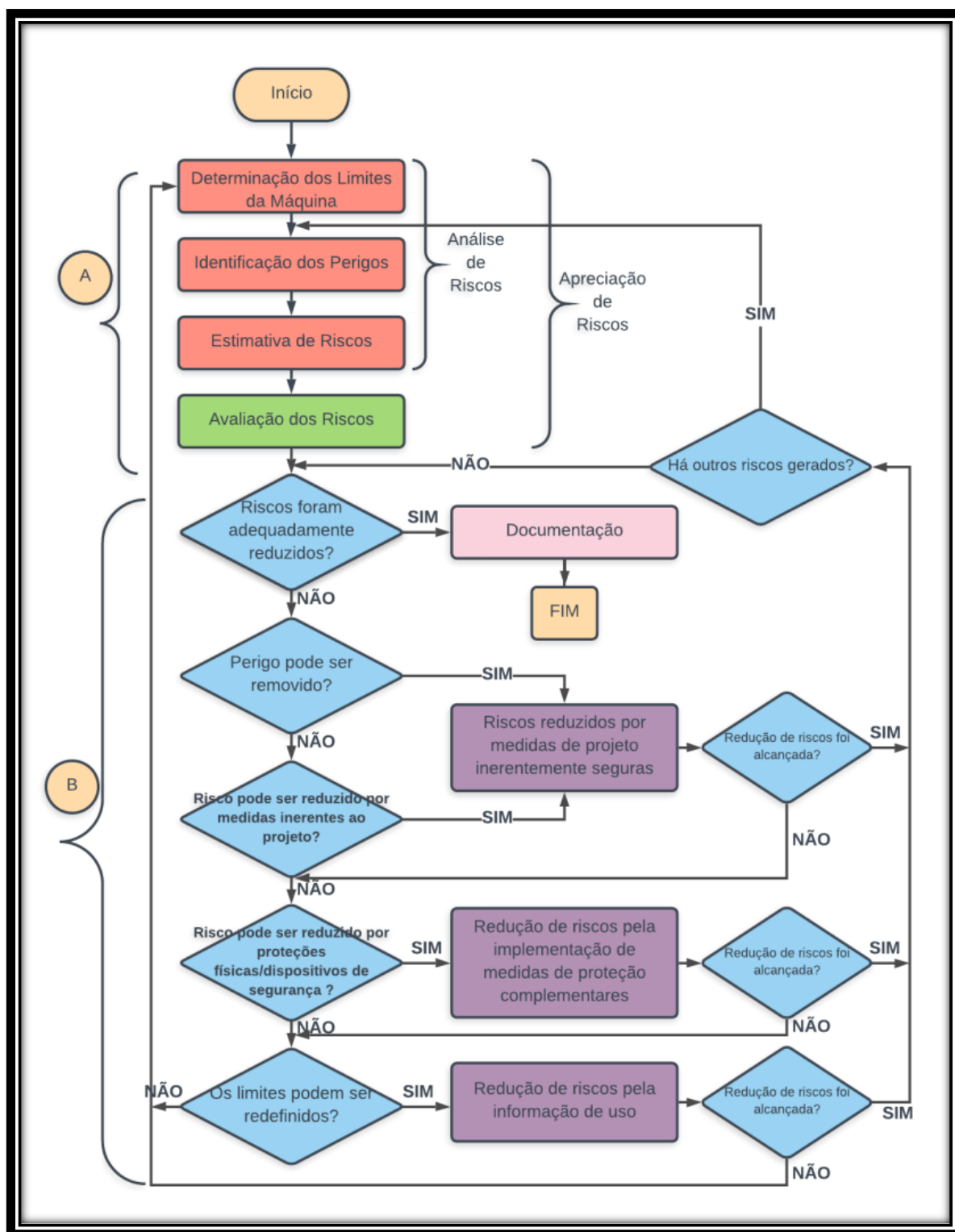
A apreciação de riscos é um processo sistemático fundamental para a segurança de máquinas, pois permite identificar, analisar e avaliar os perigos associados ao seu uso ao longo de todo o ciclo de vida. Além da Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), a NBR ISO 12100 (2013) define a terminologia aplicável e fornece uma metodologia estruturada para a

identificação de perigos e a redução de riscos, especialmente durante a fase de projeto, contribuindo para a adoção de soluções de engenharia mais seguras e eficazes.

O processo iterativo de apreciação e redução de riscos, conforme ilustrado na Figura 1, compreende as seguintes etapas (ABNT, 2013):

- Determinação dos limites da máquina;
- Identificação de perigos;
- Estimativa do risco;
- Avaliação do risco;
- Redução do risco.

Figura 1 - Processo iterativo de apreciação e redução de riscos



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 12100 (2013).

A redução de risco deve seguir o "método de três passos":

1. Segurança inerente ao projeto;
2. Proteções e dispositivos de segurança;

3. Informação para uso e equipamentos de proteção individual (EPI), sendo esta última uma medida complementar e não substituta das anteriores (ABNT, 2013).

2.2.1 Considerações gerais sobre segurança de máquinas

A apreciação de riscos, segundo a ABNT NBR ISO 12100 (2013), tem por objetivo estabelecer uma estratégia de segurança que leve em consideração a totalidade do ciclo de vida da máquina, desde o projeto até o seu descomissionamento. O processo de apreciação é iterativo, devendo ser repetido sempre que houver alterações no projeto, no processo ou no modo de operação, até que o nível de risco residual seja considerado aceitável.

Para conduzir a apreciação de riscos, é necessário determinar inicialmente os limites da máquina, abrangendo aspectos como uso previsto, espaço de trabalho e tempo de operação. Em seguida, devem ser identificados os perigos e as situações perigosas, estimado o risco associado a cada perigo, avaliada a necessidade de redução de risco e implementadas as medidas de proteção adequadas, conforme estabelecido pela norma (ABNT, 2013).

Os projetistas devem considerar todos os aspectos da utilização da máquina, inclusive possíveis usos indevidos previsíveis, falhas humanas, erros de operação e variações ambientais. Dessa forma, assegura-se que as medidas de segurança adotadas sejam efetivas, consistentes e capazes de proteger os usuários em qualquer condição de operação prevista ao longo da vida útil da máquina.

2.2.2 Identificação dos perigos associados

Para avaliar adequadamente os riscos associados a uma máquina, é essencial, em primeiro lugar, estabelecer seus limites. Em seguida, deve-se realizar uma identificação sistemática dos perigos que possam ser previstos, incluindo perigos permanentes e situações inesperadas que possam ocorrer durante todas as fases de vida da máquina — transporte, montagem, instalação, uso, manutenção, desmontagem e descarte (ABNT, 2013).

Somente após a identificação desses perigos é possível definir medidas de controle para eliminá-los ou reduzi-los. Devem ser consideradas as diferentes partes, mecanismos e funções da máquina, bem como os materiais processados e o ambiente de operação.

O projetista deve observar aspectos como:

1. A interação humana em todas as etapas de operação, manutenção, limpeza e ajustes;

2. Os estados de funcionamento, falhas de componentes e perturbações externas, como vibrações e interferências elétricas;
3. Comportamentos não intencionais do operador, como distrações, reações instintivas ou busca por atalhos operacionais.

2.2.3 Estimativa dos níveis de risco

Após a identificação dos perigos, realiza-se a estimativa de risco para cada situação perigosa, por meio da análise dos elementos de risco envolvidos. Caso existam métodos padronizados de medição, recomenda-se utilizá-los em conjunto com dados obtidos de máquinas similares, para maior confiabilidade dos resultados (ABNT, 2013).

Segundo a NBR ISO 12100, o risco relacionado a uma determinada situação perigosa é determinado pela combinação de dois fatores principais:

1. A gravidade do possível dano causado;
2. Probabilidade de ocorrência do dano, influenciada pela frequência de exposição ao perigo e pela possibilidade de evitar ou limitar o dano (ABNT, 2013).

2.2.4 Avaliação e classificação dos riscos

A avaliação de riscos tem como objetivo determinar se a redução do risco identificado é necessária ou não, considerando a gravidade do dano e a probabilidade de ocorrência. Caso seja constatada a necessidade de redução, devem ser selecionadas e implementadas medidas de segurança adequadas, respeitando rigorosamente os princípios e a hierarquia estabelecidos pela norma técnica aplicável (ABNT, 2013).

A adequação da redução do risco deve ser verificada de forma sistemática após a aplicação de cada uma das três etapas de controle previstas. Essas etapas compreendem, primeiramente, a adoção de medidas de engenharia, seguidas das medidas administrativas e, por último, a utilização de equipamentos de proteção individual, assegurando que a proteção coletiva seja sempre priorizada.

Durante todo esse processo de redução e verificação de riscos, o projetista deve realizar uma nova apreciação de riscos sempre que houver modificações no sistema. Essa reavaliação tem a finalidade de identificar se as medidas implementadas introduzem novos perigos ou situações perigosas, que, caso ocorram, devem ser devidamente identificados, analisados e controlados de maneira adequada.

A comparação de riscos com máquinas similares pode auxiliar na avaliação, desde que:

1. A máquina comparada esteja em conformidade com normas aplicáveis;
2. Os usos previstos e condições operacionais sejam equivalentes;
3. Os elementos de risco e especificações técnicas sejam comparáveis (ABNT, 2013).

2.2.5 Medidas de redução e controle de risco

De acordo com a ABNT NBR ISO 12100 (2013), “o objetivo da redução de risco pode ser alcançado pela eliminação dos perigos, seja individualmente ou simultaneamente, reduzindo a gravidade dos danos e a probabilidade de sua ocorrência” (ABNT, 2013, p. 44). Nesse contexto, a norma reforça que a redução de riscos deve ser tratada de forma sistemática e integrada ao projeto da máquina, priorizando soluções de engenharia antes da adoção de medidas complementares.

As medidas de proteção devem ser aplicadas conforme o método de três etapas:

1. Medidas de segurança inerentes ao projeto: eliminam ou reduzem riscos diretamente no projeto da máquina.
2. Proteções e medidas complementares: aplicadas quando não for possível eliminar totalmente o perigo, incluindo barreiras físicas, sensores e intertravamentos.
3. Informações para uso: quando riscos residuais permanecerem, o fabricante deve alertar o usuário por meio de manuais, instruções e sinalizações adequadas (ABNT, 2013).

Essas informações não substituem as medidas de segurança incorporadas ao projeto, mas complementam o processo de proteção, garantindo que o operador compreenda os riscos residuais e as formas seguras de operação.

2.3 Acidentes de trabalho relacionados a máquinas e equipamentos

De acordo com a Lei nº 8.213/91, em seu Art. 19, considera-se acidente de trabalho aquele “que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa (...) provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho” (Brasil, 1991). Essa definição legal evidencia a

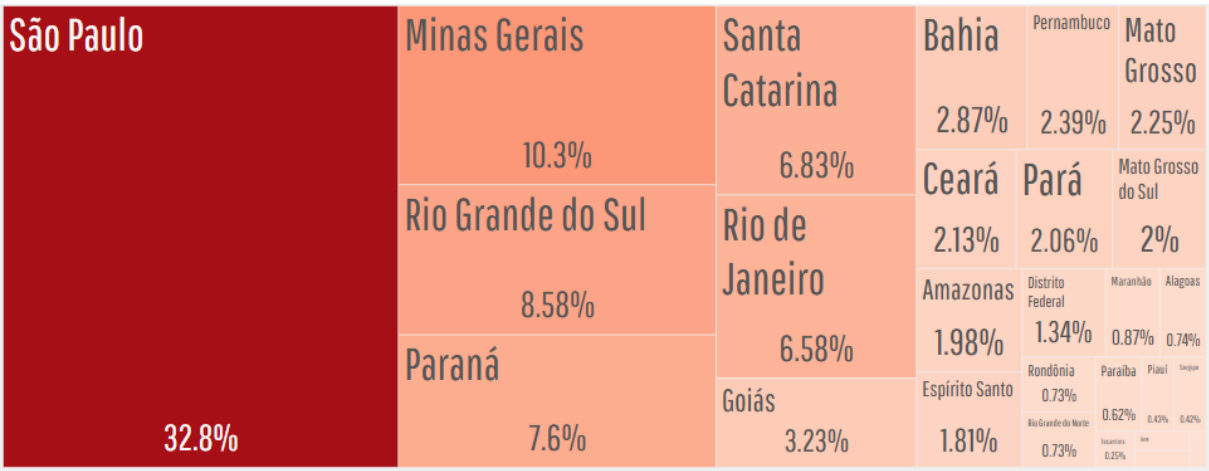
amplitude do conceito de acidente de trabalho e reforça a responsabilidade das organizações na adoção de medidas preventivas voltadas à saúde e à segurança dos trabalhadores.

Dados atualizados do Observatório de Saúde e Segurança no Trabalho (SmartLab), referentes ao período de 2012 a 2024, revelam a gravidade e a persistência desse problema no cenário nacional. Nesse intervalo, foram registrados 4.580.110 acidentes de trabalho com Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) emitida, demonstrando a elevada exposição dos trabalhadores a riscos ocupacionais. Desse total, 805.220 ocorrências, correspondentes a aproximadamente 17,6%, estiveram diretamente relacionadas a máquinas e equipamentos, evidenciando a relevância desse tipo de risco nos ambientes industriais.

Esses acidentes de trabalho resultaram em consequências extremamente severas, incluindo 4.520 óbitos e 30.650 casos de amputações e enucleações, conforme dados consolidados pelo Observatório de Saúde e Segurança no Trabalho (Observatório, 2025). Esses números demonstram não apenas o impacto humano e social dos acidentes, mas também os prejuízos econômicos e produtivos associados à incapacidade laboral e aos afastamentos prolongados.

Conforme ilustrado na Figura 2, observa-se que as regiões Sul e Sudeste do Brasil continuam sendo as mais afetadas por acidentes envolvendo máquinas e equipamentos. Tal cenário está diretamente relacionado à elevada concentração de polos industriais nessas regiões, bem como à maior densidade de atividades produtivas mecanizadas. Esses dados reforçam a importância da aplicação rigorosa da NR-12 e de políticas efetivas de prevenção de acidentes, especialmente nos setores industriais de maior risco.

Figura 2 - Percentual de distribuição de acidentes com máquinas e equipamentos por região (2025)



Fonte: Adaptado de SmartLab (2025).

Os custos desses acidentes são significativos, incluindo afastamentos, indenizações, multas, danos à reputação da empresa e, principalmente, o sofrimento humano. Entre 2012 e 2024, os custos para a Previdência Social com afastamentos por acidentes com máquinas superaram R\$ 800 milhões, com mais de 16 milhões de dias de trabalho perdidos (Observatório, 2025).

Apesar das atualizações normativas, esses números indicam uma tendência de estabilidade elevada, reforçando a importância da estrita observância e da efetiva implementação das normas de segurança, como a NR-12, para a prevenção de acidentes.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreve a metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho, detalhando as etapas seguidas para alcançar os objetivos propostos. São apresentadas as estratégias de pesquisa, os procedimentos técnicos utilizados e os métodos de análise.

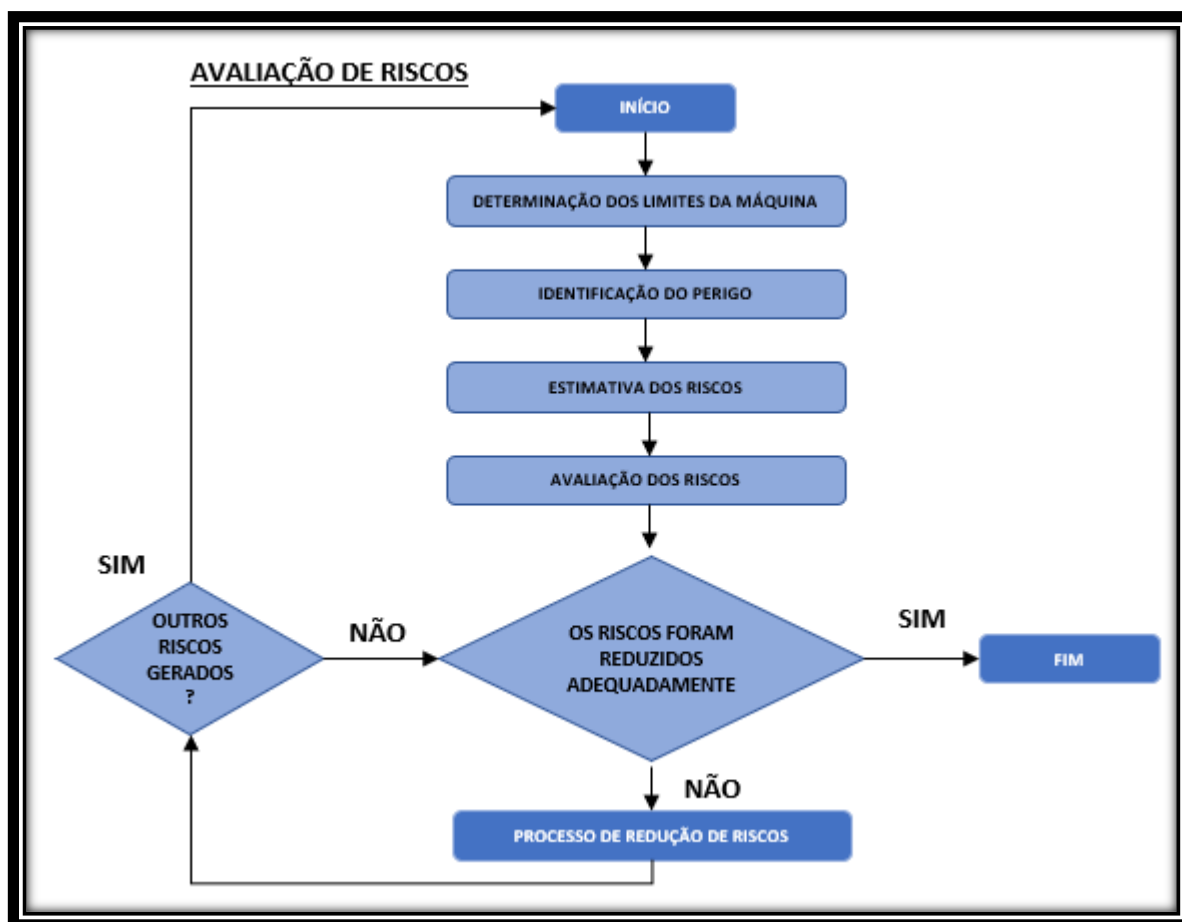
3.1 Procedimento para adequação de máquinas conforme NR-12

A adequação das máquinas é realizada por meio da análise sistemática dos riscos existentes, seguida da comparação desses riscos com os requisitos estabelecidos pela Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12). A partir dessa avaliação, são definidas e implantadas as medidas corretivas necessárias, visando à eliminação ou redução dos perigos identificados. Todo esse processo deve ser devidamente documentado, incluindo o registro fotográfico das condições das máquinas antes e após as intervenções, de modo a comprovar a efetividade das adequações realizadas.

3.1.1 Análise e apreciação de risco

O processo de adequação à NR-12 tem início com a realização da Análise e Apreciação de Riscos do equipamento ou linha de produção, conforme prescrito na ABNT NBR ISO 12100:2013. Esta norma estabelece os princípios gerais para a identificação de perigos e a estimativa e avaliação de riscos, definindo a categoria de segurança na qual a máquina se enquadra (ABNT, 2013). A Figura 3 ilustra um fluxograma representativo deste processo de avaliação.

Figura 3 - Fluxograma de avaliação de riscos (adaptado)



Fonte: NBR ISO 12100 (2013)

Um dos métodos aplicáveis na análise de risco é a determinação quantitativa do grau de perigo por meio do *Hazard Rating Number* (HRN). Este método atribui um valor numérico ao risco, considerando parâmetros como:

- Probabilidade de Ocorrência do Perigo (LO);
- Frequência de Exposição ao Perigo (FE);
- Grau de Possível Dano (DPH);
- Número de Pessoas Expostas (NP).

O HRN é calculado pela equação:

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

Cada parâmetro recebe uma pontuação, e o resultado final auxilia na priorização e definição de medidas de controle apropriadas para mitigar os riscos identificados.

A Tabela 1 exemplifica uma matriz qualitativa de avaliação de riscos, complementando a abordagem quantitativa.

Tabela 1 - Tabela de avaliação de riscos

Probabilidade de Ocorrência (LO)	Frequência de Exposição (FE)
0,033 – Quase Impossível	0,5 – Anualmente
1 – Altamente Improvável	1 – Mensalmente
1,5 – Improvável	1,5 – Semanalmente
2 – Possível	2,5 – Diariamente
5 – Alguma Chance	4 – Em termos de hora
8 – Provável	5 – Constantemente
10 – Muito Provável	
15 – Certeza	
Grau da Possível Lesão (DPH)	Número de Pessoas Sob Risco (NP)
0,1 – Arranhão/ Escoriação	1 – 1 a 2 Pessoas
0,5 – Dilaceração/ Corte/ Enfermidade Leve	2 – 3 a 7 Pessoas
1 – Fratura de Ossos – Dedos das Mãos/ Dedos dos Pés	4 – 8 a 15 Pessoas
2 – Fratura Grave de Ossos – Mão/ Braço/ Perna	8 – 16 a 50 Pessoas
4 – Perda de 1 ou 2 Dedos das Mãos/ Dedos dos Pés	12 – Mais do que 50 Pessoas
8 – Amputação da Perna / Mão, Perda Parcial da Audição ou Visão	
10 – Amputação de 2 Pernas ou Mãos, Perda Parcial da Audição ou Visão em Ambos Ouvidos ou Mãos	
12 – Enfermidade Permanente ou Crítica	
15 - Fatalidade	

Fonte: NBR ISO 12100 (2013)

Com base no valor do HRN, é possível estabelecer uma correlação direta com o nível de risco, sua descrição e a ação requerida, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do risco baseada no HRN

HRN	Risco	Descrição	Ação
0-1	Raro	Apresenta um nível de risco muito pequeno	Nenhuma Requerida
1-5	Baixo	Apresenta um nível de risco a ser avaliado	Nenhuma Requerida
5-50	Atenção	Apresenta riscos em potencial	Necessária de melhoria
50-500	Alto	Oferece possíveis riscos, necessitam medidas de controle de segurança urgente.	Necessária de melhoria
>500	Inaceitável	É inaceitável manter a operação do equipamento na situação que se encontra	Necessária de melhoria

Fonte: NBR ISO 12100 (2013)

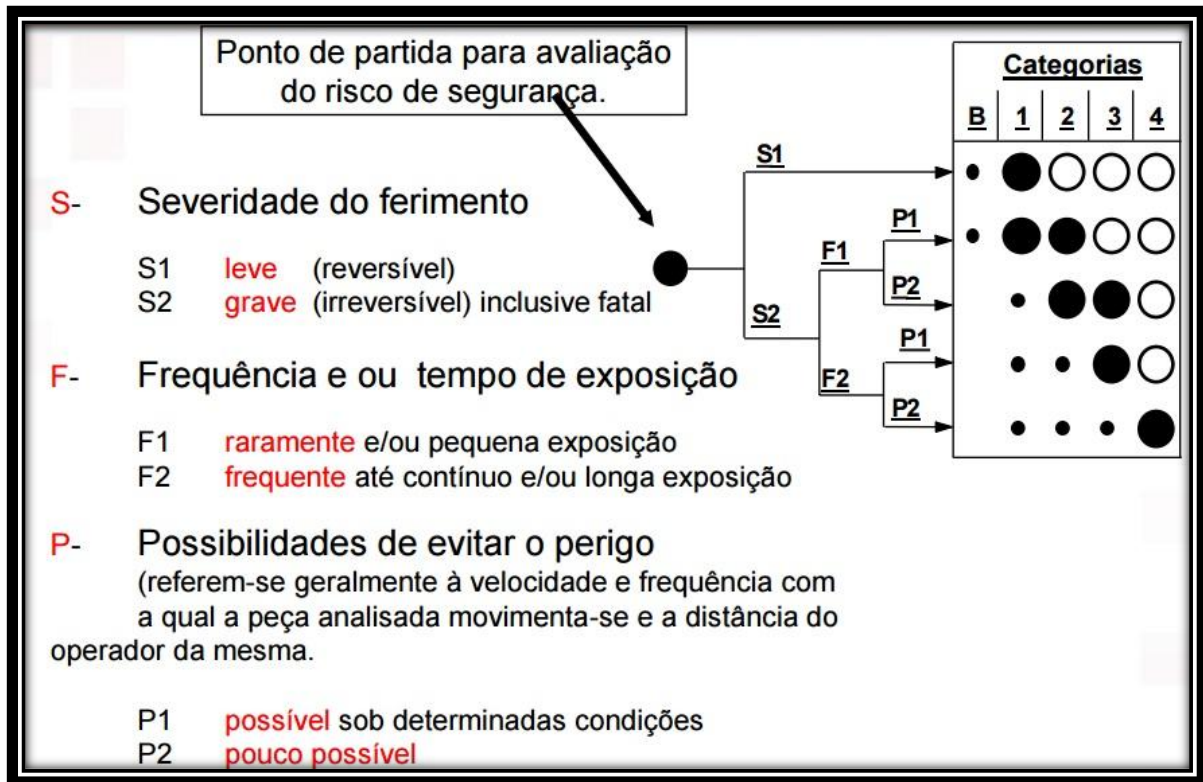
Paralelamente, a ABNT NBR 14153:1998 é empregada para determinar a categoria de segurança das partes dos sistemas de comando relacionadas à segurança. Essa norma especifica as características e os requisitos das funções de segurança, abrangendo tanto sistemas eletromecânicos quanto sistemas programáveis. Sua aplicação é válida independentemente do tipo de energia utilizada, seja elétrica, pneumática, hidráulica ou mecânica, contribuindo para a definição adequada do nível de confiabilidade e desempenho exigido para os sistemas de segurança (ABNT, 1998).

A seleção da categoria adequada depende da máquina e da extensão em que os sistemas de comando são utilizados como medidas de proteção. O projetista deve documentar no projeto itens como: a categoria selecionada; a finalidade funcional da parte do sistema de segurança; seus limites operacionais; os defeitos relevantes considerados; e os parâmetros de confiabilidade (ABNT, 1998).

O método para seleção da categoria, descrito na norma, baseia-se na análise combinada de três parâmetros: Severidade do ferimento (S), Frequência e/ou duração da exposição ao perigo (F) e Possibilidade de evitar o perigo (P). Trata-se de um processo qualitativo que fornece uma estimativa do risco. Lesões leves e reversíveis são classificadas como S1, enquanto lesões graves, irreversíveis ou que possam levar ao óbito são classificadas como S2. O parâmetro F2 é selecionado quando há exposição frequente ou contínua ao perigo, e F1 para exposições ocasionais. A possibilidade de evitar o perigo (P) é influenciada pela velocidade de ocorrência do evento, experiência do operador e existência de indicadores de perigo. P1 é

aplicável quando há uma chance real de evitar o acidente, e P2 quando essa chance é praticamente inexistente (ABNT, 1998). A relação entre os parâmetros e a categoria é resumida na Figura 4.

Figura 4 - Parâmetros para escolha da categoria de risco (ABNT, 1998)



Fonte: NBR 14153 (1998)

3.1.2 Adequação de segurança

Concluída a apreciação de riscos e definida a categoria de segurança, procede-se à seleção dos componentes que integrarão o sistema de segurança da máquina.

A definição do controle de parada é primordial. Embora soluções simples possam utilizar contadores, é prática comum a utilização de relés de segurança para categorias 1, 2 e, em alguns casos, 3. Para sistemas mais complexos, que demandam maior flexibilidade e diagnóstico, como nas categorias 3 e 4, é recomendado o uso de Controladores Lógicos Programáveis de Segurança (CLP-Safety).

Dispositivos periféricos específicos, como comandos bimanuais, podem exigir relés dedicados para seu funcionamento correto. Da mesma forma, existem relés com funções especializadas, como o relé de velocidade zero, essencial para garantir a parada total de motores de alta inércia antes do acesso a zonas de perigo.

A partir da Análise Preliminar de Riscos (APR), dimensionam-se os periféricos de segurança. Os primeiros a serem considerados são os dispositivos de parada de emergência, que devem ser acompanhados de um botão de rearme. A configuração física (botoeira isolada ou multifuncional) é definida em conjunto com o cliente.

Sensores e chaves magnéticas são empregados em partes móveis e proteções. Sensores magnéticos atuam como dispositivos de monitoramento sem retenção, enquanto as chaves magnéticas com retenção impedem fisicamente o acesso enquanto a máquina estiver em operação.

Cortinas de luz são dispositivos optoeletrônicos utilizados para proteger acessos permanentes onde a instalação de proteções físicas é inviável. Seu dimensionamento considera as dimensões do vão a ser protegido. A Figura 6 mostra uma cortina de luz.

Sinalizadores luminosos e sonoros, como colunas de sinalização, são instalados para alertar visual e auditivamente sobre situações de emergência ou parada, devendo ser posicionados em locais de boa visibilidade.

Outros periféricos comuns incluem válvulas de segurança pneumáticas/hidráulicas, sensores diversos (indutivo, capacitivo, nível) e comandos bimanuais.

No painel elétrico, dimensionam-se os componentes de comando e proteção. Os contadores principais e auxiliares são selecionados com base na corrente dos motores, preferencialmente com bobinas em 24VCC para compatibilidade com os periféricos. A seccionadora (dispositivo LOTO - *Lockout-Tagout*) é essencial para o isolamento energético durante manutenções.

Relés de interface são utilizados para isolar as saídas dos controladores de segurança. A alimentação dos circuitos de comando em 24VCC é garantida por uma fonte chaveada dimensionada conforme a potência total demandada, protegida por fusíveis. A organização do painel é completada com a especificação de bornes adequados à seção dos cabos de comando e força.

Por fim, definem-se os itens de infraestrutura: cabos (comando e força), eletrocalhas, eletrodutos (galvanizado ou inox), chapa e dimensões do painel, necessários para interligar a máquina ao sistema de segurança.

3.1.3 Capacitação dos profissionais

A capacitação dos profissionais é uma exigência fundamental da NR-12 para garantir a segurança dos trabalhadores que operam, mantêm ou intervêm em máquinas e equipamentos

(Brasil, 2024). O treinamento deve ser conduzido por instrutores qualificados e experientes em segurança do trabalho, abrangendo aspectos teóricos e práticos. O conteúdo programático deve incluir, mas não se limitar a:

- a. Riscos associados às máquinas e equipamentos;
- b. Normas e regulamentações de segurança, com ênfase na NR-12;
- c. Funcionamento e operação segura dos equipamentos;
- d. Procedimentos de segurança para operação, manutenção e intervenção;
- e. Utilização correta dos dispositivos de segurança;
- f. Medidas de prevenção e controle de acidentes;
- g. Noções de primeiros socorros e procedimentos de emergência.

A capacitação deve ocorrer antes do início das atividades e ser atualizada periodicamente, sempre que houver modificações nos equipamentos ou na identificação de novos riscos. É obrigatória a documentação que comprove a participação dos trabalhadores, incluindo conteúdo, carga horária e identificação dos treinados (Brasil, 2024).

3.1.4 Dispositivos elétricos e eletrônicos

A adequação à NR-12 frequentemente exige a instalação de dispositivos elétricos e eletrônicos de segurança. Dentre os principais, destacam-se:

- a. Chaves de Segurança: Dispositivos que interrompem circuitos de segurança quando uma proteção é aberta. Podem ser mecânicas ou eletrônicas e são integradas a sistemas de controle de segurança.
- b. Sensores de Segurança: Incluem dispositivos como sensores de presença, fim de curso e cortinas de luz, projetados para detectar intrusão em zonas de perigo e iniciar uma parada de segurança.
- c. Sinalizadores Sonoros e Luminosos: Alertam os operadores sobre condições anormais, emergências ou mudanças no estado da máquina, seguindo padrões de cor e som estabelecidos.
- d. Dispositivos de Parada de Emergência: Botões ou alavancas de ação direta, de fácil identificação e acesso, cuja função é interromper o funcionamento da máquina de forma segura e rápida em situações críticas.

- e. Controladores de Velocidade: Inversores de frequência que permitem o controle seguro da velocidade de motores, podendo incluir funções de rampa de aceleração/desaceleração e monitoramento.
- f. Dispositivos de Bloqueio de Energia (LOTO): Impedem a reenergização acidental durante manutenção, através de bloqueios físicos em disjuntores, chaves seccionadoras e válvulas.
- g. Comandos Bimanuais: Exigem que dois acionamentos sejam realizados simultaneamente com ambas as mãos, mantendo-as afastadas da zona de perigo durante o ciclo da máquina.
- h. Dispositivos de Proteção para Partes Móveis: Incluem proteções físicas fixas e móveis, que podem ser intertravadas com o sistema de segurança para impedir o acesso.
- i. Relés de Segurança e CLPs de Segurança: São o núcleo do sistema. Relés são soluções dedicadas para funções específicas, enquanto CLPs de segurança oferecem flexibilidade de programação, diagnóstico avançado e gerenciamento de múltiplas zonas de segurança.
- j. Fontes de Alimentação: Fornecem energia estabilizada em 24VCC para os circuitos de comando e segurança, dotadas de proteções contra sobrecarga e curto-circuito.

A seleção, instalação e manutenção desses dispositivos devem ser realizadas por profissionais habilitados, em estrita conformidade com as normas técnicas e as especificações dos fabricantes.

3.1.5 As possíveis adequações seguindo a norma

As soluções para adequação das máquinas e sistemas de segurança dividem-se, principalmente, entre aquelas baseadas em relés de segurança e as que utilizam Controladores Lógicos Programáveis de segurança (CLPs de segurança). A escolha entre essas soluções depende diretamente da complexidade do sistema, do número de funções de segurança envolvidas, do nível de automação exigido e da categoria ou nível de desempenho requerido pela apreciação de riscos.

Os relés de segurança são componentes eletromecânicos ou eletrônicos com lógica cablada. Eles atuam como interruptores de segurança, desativando as saídas quando uma condição de perigo é detectada nas entradas. O rearme é manual, após a resolução da falha. São

ideais para aplicações com um número limitado de funções de segurança e poucas zonas de atuação.

Os CLPs de segurança são controladores programáveis que executam algoritmos de segurança. Oferecem maior flexibilidade, permitindo a implementação de lógicas complexas, o gerenciamento de múltiplas zonas de segurança de forma independente e a expansão do número de entradas e saídas através de módulos. São indicados para máquinas complexas, com diversos eixos e processos interligados. As principais diferenças são resumidas na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparativo entre Relé de Segurança e CLP de Segurança

Característica	Relé de Segurança	CLP de Segurança
Função	Interruptor de segurança dedicado	Controlador programável com funções de segurança
Programação	Lógica cablada (hard-wired)	Software e linguagem de programação
Flexibilidade	Baixa, número fixo de funções	Alta, funções customizáveis
Complexidade	Ideal para sistemas simples	Projetado para sistemas complexos
Zonas de Segurança	Atua em geral em uma zona por dispositivo	Gerencia múltiplas zonas independentes
Expansibilidade	Número fixo de E/S	Permite expansão via módulos

Fonte: Autoria própria (2025)

3.1.6 Adequações mecânicas

As adequações mecânicas visam impedir o acesso físico às zonas de perigo. A primeira etapa é a identificação dos riscos através de uma análise detalhada (ABNT, 2013).

A principal medida é a instalação de proteções fixas e móveis, como capas, grades e guilhotinas. Conforme a EN ISO 14120:2015, essas proteções devem ser robustas, duráveis, corretamente fixadas e impossibilitarem o contato acidental com partes móveis perigosas, como correias, polias, engrenagens e áreas de corte.

As proteções móveis devem, preferencialmente, ser intertravadas com o sistema de segurança, de modo que sua abertura provoque uma parada segura da máquina e impeça o reinício até que estejam fechadas. É crucial verificar a existência de vãos que permitam o acesso, instalando dispositivos adicionais se necessário.

Outras adequações podem incluir a modificação de componentes, como a troca de transmissões por moto redutores encapsulados, instalação de limitadores de curso e a implementação de sistemas de exaustão para partículas.

A manutenção periódica, a inspeção das proteções e o treinamento dos trabalhadores para sua correta utilização são partes integrantes e essenciais do processo de adequação mecânica.

3.1.7 Vantagens da adequação

Adequar máquinas à NR-12 vai além do cumprimento legal, trazendo benefícios tangíveis:

- a. Segurança Operacional: Redução drástica da probabilidade de acidentes graves, preservando a integridade física dos trabalhadores.
- b. Conformidade Legal: Evita autuações, penalidades financeiras e embargos por parte dos órgãos fiscalizadores.
- c. Redução de Custos: Minimiza gastos com afastamentos, indenizações, seguros e paradas não planejadas decorrentes de acidentes.
- d. Aumento da Confiabilidade e Produtividade: Máquinas seguras e bem mantidas operam com maior eficiência e disponibilidade.
- e. Melhoria da Qualidade: Processos estáveis e seguros contribuem para a consistência na qualidade do produto final.
- f. Fortalecimento da Imagem Institucional: Demonstra compromisso com a responsabilidade social e a valorização do capital humano, fortalecendo a marca perante clientes e sociedade.

3.1.8 Orientações para realizar adequação

Para uma adequação eficaz e conforme a NR-12, recomenda-se o seguinte roteiro:

- a. Identificação: Catalogar todas as máquinas e equipamentos, identificando aqueles que não estão em conformidade.
- b. Análise de Riscos: Realizar uma apreciação de riscos detalhada para cada máquina, envolvendo profissionais qualificados.
- c. Plano de Ação: Elaborar um plano com as medidas de proteção necessárias (elétricas, eletrônicas, mecânicas), priorizando a hierarquia de proteção coletiva sobre a individual.
- d. Implementação: Executar as adequações, selecionando componentes certificados e seguindo normas técnicas.
- e. Documentação: Gerar e manter laudo técnico, ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) e demais documentações comprobatórias.
- f. Capacitação: Treinar todos os trabalhadores envolvidos, assegurando que compreendam os riscos e os procedimentos seguros.

- g. Manutenção e Inspeção Periódica: Estabelecer um programa de manutenção preventiva e inspeções regulares para garantir a perenidade dos sistemas de segurança.

A adoção dessas orientações assegura um processo de adequação estruturado, eficiente e em total conformidade com a legislação, promovendo um ambiente de trabalho verdadeiramente seguro.

4 ADEQUAÇÃO DE PLANTAS INDUSTRIAIS AOS REQUISITOS DA NORMA REGULAMENTADORA Nº 12 (NR-12)

Este capítulo mostra a implementação da NR-12 a partir da máquina industrial escolhida. O primeiro passo para começar uma adequação é ter a máquina identificada.

4.1 Robô KUKA MC 18

O Robô KUKA MC18 é um equipamento industrial projetado para realizar o empilhamento automático de telhas do tipo cumeeira, otimizando o processo produtivo por meio de operações precisas, rápidas e totalmente automatizadas. Integrado a um sistema de esteiras transportadoras, o robô atua na etapa final de fabricação das telhas, realizando a manipulação, organização e empilhamento das peças de forma contínua e eficiente.

Esse tipo de automação é amplamente utilizado em ambientes industriais de produção cerâmica e de materiais de construção, onde há necessidade de alta produtividade e padronização no manuseio dos produtos. O Robô KUKA MC18 garante movimentos precisos e repetitivos, reduzindo significativamente o esforço físico humano e minimizando o risco de acidentes ou danos ao produto durante o processo de empilhamento.

Sua aplicação é essencial para aumentar a eficiência da linha de produção, uma vez que o sistema automatizado mantém um fluxo constante de materiais, reduz paradas operacionais e melhora a logística interna da fábrica. Além disso, o uso do robô possibilita uma melhor organização do espaço produtivo, com empilhamentos uniformes e de fácil transporte, contribuindo para a agilidade nas etapas posteriores, como o armazenamento e a expedição das telhas.

Outro ponto importante é a integração do KUKA MC18 com sensores e sistemas de controle industrial, o que permite o monitoramento em tempo real das operações e a adaptação a diferentes tamanhos ou formatos de telhas. Essa flexibilidade torna o equipamento uma solução versátil, capaz de se ajustar às demandas específicas de produção, mantendo altos padrões de qualidade e precisão.

De forma geral, o Robô KUKA MC18 para empilhamento de cumeeiras desempenha um papel fundamental na automação industrial moderna, promovendo maior produtividade, segurança e qualidade no processo de fabricação. Sua implementação reflete o avanço da Indústria 4.0, onde a combinação entre robótica, controle inteligente e eficiência operacional

transforma os métodos tradicionais de produção em sistemas mais tecnológicos, sustentáveis e competitivos.

4.1.1 Informações do equipamento

Máquina: Robô empilhamento cumeeira. TAG: KUK001. Aplicação da máquina ou equipamento: Máquina destinada a fabricação e empilhamento automático da telha tipo Cumeeira via esteiras, e robô "Kuka". Quantidade de funcionários: 01 operador. As figuras 5, 6 e 7, a seguir mostra TAG: KUK001.

Figura 5 - Robô empilhamento cumeeira TAG: KUK001 – Lado A



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 6 - Robô empilhamento cumeeira TAG: KUK001 – Lado B



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 7 - Robô empilhamento cumeeira TAG: KUK001 – Lado C



Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2 Levantamento técnico

Esta fase do trabalho tem como objetivo a realização da apreciação de riscos da máquina que requer adaptações, conforme a metodologia prescrita pela norma ABNT NBR ISO 12100. O processo segue uma sequência lógica e iterativa para, concomitantemente, identificar e propor soluções de engenharia que visem a adequação do equipamento às normas vigentes.

A apreciação de riscos é constituída pelas seguintes etapas: a) determinação dos limites da máquina, considerando seu uso previsto e possíveis mau usos previsíveis; b) identificação sistemática de perigos e situações perigosas associadas; c) estimativa do nível de risco para cada cenário de perigo identificado; e d) avaliação do risco e a subsequente tomada de decisão sobre a necessidade de sua redução. Concluída essa fase analítica, inicia-se o processo de redução de riscos — etapa e) —, que compreende a eliminação do perigo ou a mitigação do risco mediante a implementação de medidas de proteção técnicas e hierarquizadas.

Para garantir o rigor técnico e a validade do processo, a execução da avaliação de riscos é de responsabilidade de um profissional especializado em segurança do trabalho, formalmente

designado para a atividade. Por fim, com o intuito de assegurar clareza, rastreabilidade e alinhamento com a regulamentação aplicável, toda a análise e suas conclusões são sistematizadas e organizadas de acordo com a estrutura de tópicos da Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12).

Tabela 4 - Pontos a serem analisados na apreciação de risco

Arranjo Físico e instalações.	Riscos adicionais.
Instalações e dispositivos elétricos.	Manutenção, inspeção, preparação, ajustes e reparos.
Dispositivos de partida, acionamento e parada.	Sinalização.
Sistemas de Segurança.	Manuais.
Dispositivos de Parada de Emergência.	Procedimentos de trabalho e segurança.
Componentes pressurizados.	Capacitação.
Transportadores de materiais.	Outros requisitos específicos de segurança.
Aspectos ergonômicos.	Disposições finais.

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.1 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN do Arranjo físico e instalações

Figura 8 - Laudo dos Arranjos físicos e instalações pré-adequação

ARRANJO FÍSICO E INSTALAÇÕES	
Identificação dos Perigos	Origem: Piso
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Atropelamento, escorregamento, contato com partes rotativas da máquina.
Não Conformidade Avaliação do risco	Evidenciado que no local de instalação da máquina e suas áreas de circulação não estão devidamente demarcadas em conformidade com as normas técnicas oficiais. Não atende ao item 12.2.1 da NR-12.
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Demarcar o piso apropriadamente indicando a passagem segura para pedestres, onde na área é destinada somente para trânsito de empilhadeiras e onde são os pontos de intersecções. Os pontos onde os operadores devem se posicionar e onde deve ser armazenado os materiais e ferramentas também se faz necessário. Formalizar em procedimento todas as demarcações. Adotar sinalização com placas como complemento



Avaliação do risco pelo método HRN:
Legenda: **PO**: Probabilidade de Ocorrência; **FE**: Frequência de exposição; **GPL**: Grau de possível lesão; **NP**: Número de pessoas sob risco.

Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	8	1	80	SIGNIFICATIVO

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.2 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN das Instalações e dispositivos elétricos

Figura 9 - Laudo das instalações e dispositivos elétricos pré-adequação

INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS	
Identificação dos Perigos	Origem: Todas as partes condutoras de energia da máquina sem proteção adequada com aterramento elétrico.
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Choques elétricos, queimaduras, fatalidade.
Não Conformidade Avaliação do risco	Não evidenciado aterramento das carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras da máquina que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão. Não atende ao item 12.3.2 da NR-12
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Adotar aterramento das carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras da máquina que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão. Adotar aterramento também para o painel elétrico da máquina.

Avaliação do risco pelo método HRN:
Legenda: **PO**: Probabilidade de Ocorrência; **FE**: Frequência de exposição; **GPL**: Grau de possível lesão; **NP**: Número de pessoas sob risco.

Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	15	2	300	ALTO

Fonte: Autoria própria (2025)

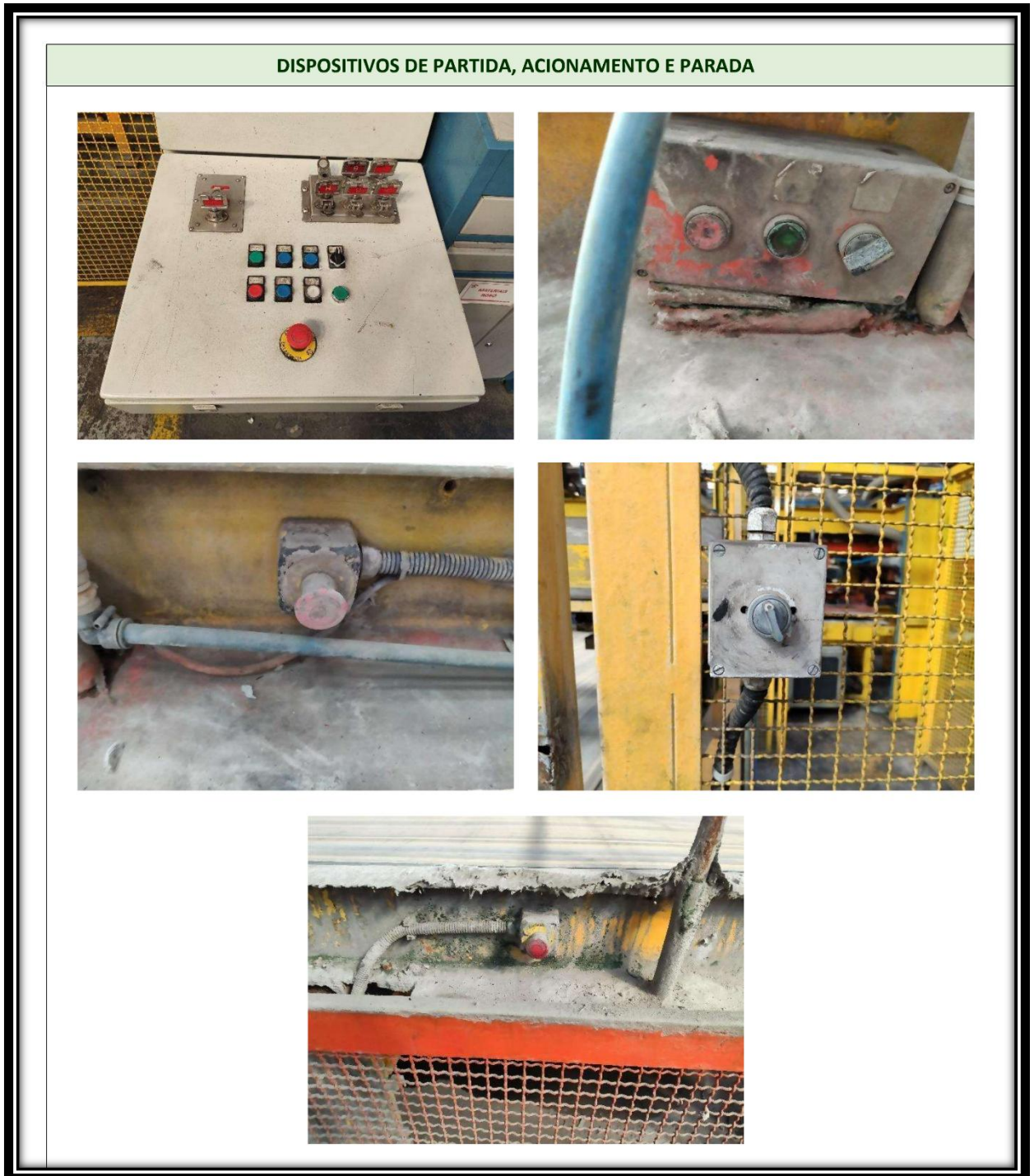
4.1.2.3 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN dos dispositivos de partida, acionamento e parada

Figura 10 - Laudo dos dispositivos de partida, acionamento e parada pré-adequação

DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA					
Identificação dos Perigos		Origem: Dispositivos de partida, acionamento e parada da máquina.			
Estimativa do Risco		Consequências potenciais: Acionamento acidental, quaisquer, como consequência de erro humano, choques elétricos, queimaduras, fatalidade.			
Não Conformidade Avaliação do risco		Não evidenciado nos dispositivos de partida, acionamento e parada da máquina, a correta legenda para que possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador. E estão gerando riscos adicionais por estarem em contato com água. Não atende aos itens 12.4.1 e 12.4.1 d) da NR-12.			
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco		Identificar corretamente todos os botões de comando da máquina, com a correta legenda de atuação e resistente a intempéries do meio. Para que possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador. Reposicionar os comandos que estão constantemente em contato com água.			
Avaliação do risco pelo método HRN:					
Legenda: PO : Probabilidade de Ocorrência; FE : Frequência de exposição; GPL : Grau de possível lesão; NP : Número de pessoas sob risco.					
Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	15	2	300	ALTO

Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 11– Estado dos dispositivos de partida, acionamento e parada pré-adequação



Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.4 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN dos sistemas de segurança

Figura 12 - Laudo dos sistemas de segurança primeira parte pré-adequação

SISTEMA DE SEGURANÇA					
Identificação dos Perigos		Origem: Parte rotativa da máquina, força motriz, movimento robô.			
Estimativa do Risco		Consequências potenciais: Esmagamento, aprisionamento, fricção, batida contra.			
Não Conformidade Avaliação do risco		Evidenciado que acessos a área interna do robô, denominados como proteções móveis, não possuem sensores de intretrovamento necessários para garantir a segurança a integridade física dos trabalhadores. Não atende ao item 12.5.2 da NR-12.			
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco		Adotar sensores de intertravamento, categoria 4 conforme NBR 14153, monitorados por rele/ CLP de segurança de mesma categoria. Os sensores devem ser selecionados e instalados de modo a ter categoria de segurança conforme apreciação de riscos, estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado, possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados, instalação de modo que dificulte a sua burla, manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, de acordo com a categoria de segurança requerida e paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho. Os dois pontos que necessitam de adequação estão sinalizados abaixo. Toda implementação de proteção deve ser precedida de projeto específico e recolhimento de ART por profissional legalmente habilitado.			
Avaliação do risco pelo método HRN:					
Legenda: PO: Probabilidade de Ocorrência; FE: Frequência de exposição; GPL: Grau de possível lesão; NP: Número de pessoas sob risco.					
Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	8	1	80	SIGNIFICATIVO
Avaliação do risco conforme NBR 14153, ISO 13849-1 e IEC 62061.					
S1: Lesão Leve (geralmente reversível). S2: Grave, geralmente irreversível, de uma ou mais pessoas e morte		F1: De Raramente a Nunca. F2: De Frequentemente a Continuamente.		P1: Possível sobre certas condições. P2: Praticamente impossível.	
Severidade do ferimento	Frequência e tempo de exposição	Possibilidades de evitar o perigo	Categoria de proteção	PLr	SIL
S2	F2	P2	4	e	3
			NBR 14153	ISO 13849-1	IEC 62061

Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 13 - Estado dos sistemas de segurança primeira parte pré-adequação



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 14 - Laudo dos sistemas de segurança segunda parte pré-adequação

SISTEMA DE SEGURANÇA																							
Identificação dos Perigos	Origem: Parte rotativa da máquina, força motriz, movimento robô.																						
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Esmagamento, aprisionamento, fricção, batida contra.																						
Não Conformidade Avaliação do risco	Evidenciado acesso a área interna do robô, sem proteções adequadas e necessárias para garantir a segurança a integridade física dos trabalhadores. Não atende ao item 12.5.2 da NR-12.																						
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	<p>Adotar barreira de luz (cortina de luz) tipo MUTING, de categoria 4 conforme NBR 14153, monitorados por rele/ CLP de segurança de mesma categoria.</p> <p>Este tipo de sistema de segurança, após programado, deve permitir a retirada do material acabado com a empilhadeira sem a paralisação dos movimentos perigosos da máquina e quando os feixes são interrompidos por um ser humano, a máquina deve paralisar suas funções perigosas. Deve ser instalado um "reset" rearme manual para este dispositivo.</p> <p>Os dispositivos de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a ter categoria de segurança conforme apreciação de riscos, estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado, possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados, instalação de modo que dificulte a sua burla, manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, de acordo com a categoria de segurança requerida e paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho.</p> <p>O ponto que necessita de adequação está sinalizado abaixo.</p> <p>Toda implementação de proteção deve ser precedida de projeto específico e recolhimento de ART por profissional legalmente habilitado.</p>																						
Avaliação do risco pelo método HRN: Legenda: PO : Probabilidade de Ocorrência; FE : Frequência de exposição; GPL : Grau de possível lesão; NP : Número de pessoas sob risco.																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Avaliação do Risco atual - HRN</th> </tr> <tr> <th>PO</th> <th>FE</th> <th>GPL</th> <th>NP</th> <th>HRN ATUAL</th> <th>RISCO ATUAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>8</td> <td>1</td> <td>80</td> <td>SIGNIFICATIVO</td> </tr> </tbody> </table>						Avaliação do Risco atual - HRN						PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL	2	5	8	1	80	SIGNIFICATIVO
Avaliação do Risco atual - HRN																							
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL																		
2	5	8	1	80	SIGNIFICATIVO																		
Avaliação do risco conforme NBR 14153, ISO 13849-1 e IEC 62061.																							
S1: Lesão Leve (geralmente reversível). S2: Grave, geralmente irreversível, de uma ou mais pessoas e morte		F1: De Raramente a Nunca. F2: De Frequentemente a Continuamente.		P1: Possível sobre certas condições. P2: Praticamente impossível.																			
Severidade do ferimento	Frequência e tempo de exposição	Possibilidades de evitar o perigo	Categoria de proteção	PLr	SIL																		
S2	F2	P2	4	e	3																		
			NBR 14153	ISO 13849-1	IEC 62061																		

Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 15 - Estado dos sistemas de segurança segunda parte pré-adequação



Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.5 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN dos componentes pressurizados

Figura 16 - Laudo dos componentes pressurizados pré-adequação

COMPONENTES PRESSURIZADOS					
Identificação dos Perigos	Origem: Ausência de especificação no sistema pressurizado.				
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Projeção de fluídos, impactos contra o corpo humano.				
Não Conformidade Avaliação do risco	Não evidenciado nas mangueiras utilizadas nos sistemas pressurizados a indicação da pressão máxima de trabalho admissível, especificada pelo fabricante. Não atende ao item 12.7.3 da NR-12.				
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Adotar para as mangueiras utilizadas nos sistemas pressurizados a indicação da pressão máxima de trabalho admissível, especificada pelo fabricante.				
Avaliação do risco pelo método HRN:					
Legenda: PO: Probabilidade de Ocorrência; FE: Frequência de exposição; GPL: Grau de possível lesão; NP: Número de pessoas sob risco.					
Avaliação do Risco atual – HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	2,5	2	1	10	ATENÇÃO

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.6 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN dos transportadores de materiais

Figura 17 - Laudo dos transportadores de materiais primeira parte pré-adequação

TRANSPORTADORES DE MATERIAIS					
Identificação dos Perigos	Origem: Parte rotativa da máquina, força motriz.				
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Esmagamento, aprisionamento, fricção.				
Não Conformidade Avaliação do risco	Evidenciados movimentos perigosos dos transportadores contínuos de materiais, acessíveis durante a operação normal, sem a correta proteção, especialmente nos pontos de esmagamento, agarramento e aprisionamento. Não atende ao item 12.8.1 da NR-12.				
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Adotar proteção nos pontos sinalizados, onde possuem movimentos perigosos dos transportadores contínuos de materiais, acessíveis durante a operação normal. A proteção deve cobrir toda a zona de perigo deixando-a inacessível em ambos os lados. Toda implementação de proteção deve ser precedida de projeto específico e recolhimento de ART por profissional legalmente habilitado.				

Avaliação do risco pelo método HRN:

Legenda: PO: Probabilidade de Ocorrência; FE: Frequência de exposição; GPL: Grau de possível lesão; NP: Número de pessoas sob risco.

Avaliação do Risco atual – HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	1	1	10	ATENÇÃO









Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 18 - Laudo dos transportadores de materiais segunda parte pré-adequação

TRANSPORTADORES DE MATERIAIS	
Identificação dos Perigos	Origem: Parte rotativa da máquina, força motriz.
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Esmagamento, aprisionamento, fricção.
Não Conformidade Avaliação do risco	Evidenciados movimentos perigosos dos transportadores contínuos de materiais, acessíveis durante a operação normal, sem a correta proteção, especialmente nos pontos de esmagamento, agarramento e aprisionamento. Não atende ao item 12.8.1 da NR-12.
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Adotar proteção adequada, que garanta a distância de segurança (850mm) da zona de perigo, onde possuem movimentos perigosos dos transportadores contínuos de materiais, acessíveis durante a operação normal. Toda implementação de proteção deve ser precedida de projeto específico e recolhimento de ART por profissional legalmente habilitado.

Avaliação do risco pelo método HRN:

Legenda: PO: Probabilidade de Ocorrência; FE: Frequência de exposição; GPL: Grau de possível lesão; NP: Número de pessoas sob risco.

Avaliação do Risco atual – HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	1	1	10	ATENÇÃO



Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.7 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN dos aspectos ergonômicos

Figura 19 - Laudo dos aspectos ergonômicos pré-adequação

ASPECTOS ERGONÔMICOS	
Identificação dos Perigos	Origem: Falta de estudo específico sobre as características antropométricas dos operadores.
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Desconforto, fadiga, distúrbios musculo esqueléticos, estresse.
Não Conformidade Avaliação do risco	Não evidenciado avaliação ergonômica conforme NR-17. Não atende ao item 12.9 da NR-12.
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Elaborar estudo específico para avaliação das características antropométricas dos operadores de cada posto de trabalho e suas exposições nos termos da NR-17. Para o trabalho em máquinas e equipamentos devem ser respeitadas as disposições contidas na Norma Regulamentadora n.º 17 - Ergonomia. Com relação aos aspectos ergonômicos, as máquinas devem ser projetadas e construídas de modo a atender às disposições das normas técnicas oficiais ou normas técnicas internacionais aplicáveis.

Avaliação do risco pelo método HRN:
Legenda: **PO**: Probabilidade de Ocorrência; **FE**: Frequência de exposição; **GPL**: Grau de possível lesão; **NP**: Número de pessoas sob risco.

Avaliação do Risco atual – HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	2	1	20	ATENÇÃO

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.8 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN da sinalização

Figura 20 - Laudo da sinalização pré-adequação

SINALIZAÇÃO					
Identificação dos Perigos	Origem: Máquina e seu entorno sem sinalização de segurança.				
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Acidente, contato com partes rotativas, esmagamento, choque elétrico, tropeçamento, queda de mesmo nível, acesso de pessoas não autorizadas a máquina.				
Não Conformidade Avaliação do risco	A máquina, bem como as instalações em que se encontra, deve possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, e também instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores, não atende ao item 12.12.1 da NR-12.				
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Adotar sinalização de segurança em toda a máquina e painéis elétricos, para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores.				
Avaliação do risco pelo método HRN:					
Legenda: PO: Probabilidade de Ocorrência; FE: Frequência de exposição; GPL: Grau de possível lesão; NP: Número de pessoas sob risco.					
Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	4	2	80	SIGNIFICATIVO

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.9 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN dos manuais

Figura 21 - Laudo dos manuais pré-adequação

MANUAIS																			
Identificação dos Perigos	Origem: Falta de material instrutivo para conhecimento dos passos de operação e segurança da máquina, como exigido pela legislação vigente.																		
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Acidente, contato com partes rotativas, esmagamento, choque elétrico, tropeçamento, queda de mesmo nível.																		
Não Conformidade Avaliação do risco	Não evidenciado manual de instruções de segurança, fornecido pelo fabricante ou importador, com informações relativas à segurança em todas as fases de utilização. Quando inexistente ou extraviado, o manual deve ser reconstituído pelo empregador ou pessoa por ele designada, sob a responsabilidade de profissional qualificado ou legalmente habilitado. Contemplando todas as exigências da NR-12 e a ABNT NBR 16746:2019 - Segurança de máquinas - Manual de instruções - Princípios gerais de elaboração. Não atende ao item de 12.13 da NR-12.																		
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Reconstituir manual para a máquina contemplando todas as exigências da NR-12 e a ABNT NBR 16746:2019 - Segurança de máquinas - Manual de instruções - Princípios gerais de elaboração. O manual deve permanecer disponível a todos os usuários nos locais de trabalho.																		
Avaliação do risco pelo método HRN: Legenda: PO: Probabilidade de Ocorrência; FE: Frequência de exposição; GPL: Grau de possível lesão; NP: Número de pessoas sob risco.																			
<table><tr><th colspan="6">Avaliação do Risco atual - HRN</th></tr><tr><th>PO</th><th>FE</th><th>GPL</th><th>NP</th><th>HRN ATUAL</th><th>RISCO ATUAL</th></tr><tr><td>2</td><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>80</td><td>SIGNIFICATIVO</td></tr></table>		Avaliação do Risco atual - HRN						PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL	2	5	4	2	80	SIGNIFICATIVO
Avaliação do Risco atual - HRN																			
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL														
2	5	4	2	80	SIGNIFICATIVO														

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.10 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN dos procedimentos

Figura 22 - Laudo dos procedimentos pré-adequação

PROCEDIMENTOS					
Identificação dos Perigos		Origem: Falta de material instrutivo para conhecimento dos passos de operação e segurança da máquina, como exigido pela legislação vigente.			
Estimativa do Risco		Consequências potenciais: Acidente, contato com partes rotativas, esmagamento, choque elétrico, tropeçamento, queda de mesmo nível.			
Não Conformidade Avaliação do risco		Não evidenciado procedimentos de trabalho e segurança para máquina, específicos e padronizados, a partir da apreciação de riscos, também não evidenciado a realização de inspeção rotineira das condições de operacionalidade e segurança da máquina ao início de cada turno de trabalho ou após nova preparação da máquina. Não atende ao item de 12.14. da NR-12.			
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco		Elaborar procedimentos de trabalho e segurança para máquina, específicos e padronizados, a partir da apreciação de riscos, e a realização de inspeção rotineira das condições de operacionalidade e segurança da máquina ao início de cada turno de trabalho ou após nova preparação da máquina. Os procedimentos e check list's devem permanecer disponíveis a todos os usuários nos locais de trabalho, após treinamento e formalização de implantação do documento.			
Avaliação do risco pelo método HRN:					
Legenda: PO : Probabilidade de Ocorrência; FE : Frequência de exposição; GPL : Grau de possível lesão; NP : Número de pessoas sob risco.					
Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	4	2	80	SIGNIFICATIVO

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.11 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN da capacitação

Figura 23 - Laudo da capacitação pré-adequação

CAPACITAÇÃO	
Identificação dos Perigos	Origem: Não conhecimento de todos os riscos da máquina e de seu ambiente de trabalho.
Estimativa do Risco	Consequências potenciais: Acidente, contato com partes rotativas, esmagamento, choque elétrico, tropeçamento, queda de mesmo nível.
Não Conformidade Avaliação do risco	Os trabalhadores envolvidos na operação, manutenção, inspeção e demais intervenções em máquinas e equipamentos devem receber capacitação providenciada pelo empregador e compatível com suas funções, que aborde os riscos a que estão expostos e as medidas de proteção existentes e necessárias, para a prevenção de acidentes e doenças, não atende ao item 12.16 da NR-12.
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco	Disponibilizar para os trabalhadores treinamento de capacitação conforme tópico “Capacitação” e anexo II da NR-12.

Avaliação do risco pelo método HRN:
Legenda: **PO**: Probabilidade de Ocorrência; **FE**: Frequência de exposição; **GPL**: Grau de possível lesão; **NP**: Número de pessoas sob risco.

Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	4	2	80	SIGNIFICATIVO

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.12 Identificação de perigos, riscos e avaliação quantitativa pelo método HRN de outros requisitos específicos de segurança

Figura 24 - Laudo dos outros requisitos específicos pré-adequação

OUTROS REQUISITOS ESPECÍFICOS DE SEGURANÇA					
Identificação dos Perigos		Origem: Ferramentas improvisadas.			
Estimativa do Risco		Consequências potenciais: Acidente, corte, contato com partes rotativas, esmagamento, choque elétrico, tropeçamento, queda de mesmo nível.			
Não Conformidade Avaliação do risco		Evidenciado ferramentas improvisadas que são utilizadas na operação da máquina. As mesmas estão inclusive danificando as proteções fixas existentes na máquina. Não atende aos itens 12.17.1 e 12.17.2 da NR-12.			
RECOMENDAÇÕES Eliminação do perigo e/ou redução de risco		Utilizar somente ferramentas homologadas para tal função. As ferramentas, materiais e acessórios utilizados nas intervenções em máquinas e equipamentos devem ser adequados às operações realizadas.			
Avaliação do risco pelo método HRN:					
Legenda: PO : Probabilidade de Ocorrência; FE : Frequência de exposição; GPL : Grau de possível lesão; NP : Número de pessoas sob risco.					
Avaliação do Risco atual - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN ATUAL	RISCO ATUAL
2	5	4	2	80	SIGNIFICATIVO





Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.13 Identificação dos riscos adicionais, manutenção, inspeção, ajustes e reparos

Figura 25 - Laudo dos riscos adicionais, manutenção, inspeção, ajustes e reparos pré-adequação

RISCOS ADICIONAIS
<p>Não evidenciado problemas com os riscos adicionais que possam causar danos à saúde ou integridade física dos trabalhadores.</p> <p>Evidenciado que todos os trabalhadores utilizam EPI's corretamente.</p> <p>Evidenciado que a empresa possui PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais atualizado, conforme legislação vigente, com ano base em 2021.</p> <p>Recomendamos realizar a atualização do PPRA anualmente e sempre que novos postos de trabalho forem criados, novas rotinas de trabalho criadas e principalmente novas exposições, que possam causar danos à saúde ou integridade física dos trabalhadores.</p> <p>Devem ser adotadas medidas de controle dos riscos adicionais provenientes da emissão ou liberação de agentes químicos, físicos e biológicos pelas máquinas e equipamentos, com prioridade à sua eliminação, redução de sua emissão ou liberação e redução da exposição dos trabalhadores, conforme Norma Regulamentadora n.º 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA.</p>
MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, AJUSTE E REPAROS.
<p>A empresa possui sistema de manutenção via sistema denominado "SAP".</p> <p>As manutenções devem ser registradas com os seguintes dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) intervenções realizadas; b) data da realização de cada intervenção; c) serviço realizado; d) peças reparadas ou substituídas; e) condições de segurança do equipamento; f) indicação conclusiva quanto às condições de segurança da máquina; e g) nome do responsável pela execução das intervenções. <p>O registro das manutenções deve ficar disponível aos trabalhadores envolvidos na operação, manutenção e reparos, bem como à Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, ao Serviço de Segurança e Medicina do Trabalho - SESMT e à Auditoria Fiscal do Trabalho.</p> <p>As manutenções de itens que influenciem na segurança devem:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) no caso de preventivas, possuir cronograma de execução; b) no caso de preditivas, possuir descrição das técnicas de análise e meios de supervisão centralizados ou de amostragem. <p>Adotar sistema tipo "LOTO" para o bloqueio de todas as fontes de energias perigosas da máquina.</p>

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.2.14 Análise das disposições finais

Figura 26 - Laudo das disposições finais pré-adequação

DISPOSIÇÕES FINAIS
<p>A empresa possui listagem de todas as máquinas no sistema de manutenção "SAP".</p> <p>O empregador deve manter à disposição da Auditoria-Fiscal do Trabalho RELAÇÃO ATUALIZADA de todas máquinas e equipamentos da empresa. Toda a documentação referida deve ficar disponível para CIPA, sindicatos representantes da categoria profissional e Auditoria Fiscal do Trabalho, apresentado em formato digital ou meio físico.</p>

Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.3 Definição de equipamentos para adequação a NR-12

Após a finalização do levantamento técnico e da emissão da Análise Preliminar de Riscos (APR), a etapa seguinte consiste em especificar os componentes da solução.

A especificação dos componentes divide-se em duas abordagens distintas. Para os itens elétricos, existem no mercado várias marcas, como Schneider, Siemens, Rockwell, Schmersal e WEG, que desenvolvem tecnologias inteiramente voltadas para a segurança. A definição de qual delas utilizar geralmente é um acordo entre o cliente e o especialista, e neste projeto, seguiremos as indicadas na "Tabela 5". Já para os componentes mecânicos, a ênfase das empresas especializadas está na qualidade e nos detalhes do material (por exemplo, o tipo e a espessura das chapas), e não na marca, que costuma ser um fator menos decisivo. Por isso, a abordagem mecânica tratará de especificações técnicas, e não de nomes comerciais.

Uma vez que as soluções estejam definidas pela APR e alinhadas entre as áreas, parte-se para a listagem detalhada dos componentes, referenciando suas marcas e especificações. Vale notar que a adequação completa demanda a confecção de um painel elétrico para controle e a preparação da infraestrutura pertinente. A lista de materiais para a parte elétrica da máquina KUK001 é apresentado no Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Lista de materiais para a parte elétrica da máquina KUK001

Lista de Materiais			
Código	Quantidade	Descrição	Fabricante

103008452	1	PSC1-C-100-FB1 CLP DE SEGURANÇA 46 I/O 24VCC	Schmersal
103011953	1	PSC1-E-131-12DI-10DIO - EXPANSÃO PARA PSC1 12 EN/10 IO/2OST	Schmersal
19520705	2	SENSOR FOTOELÉTRICO RELÉ 2A - 12 - 240VAC/DC 0 - 12000mm	Schmersal
195757	2	PRISMA REFLETOR R50x60mm C FUNDO PRETO	Schmersal
XB5AS8444	9	BOTAO 22MM PLASTICO SOCO ACAO BRUSCA GIRAR VERMELHO 2NC	Schneider Electric
ZBY9420	9	IDENTIFICADOR DE PARADA DE EMERGENCIA	Schneider Electric
XALK01	9	BOTOEIRA 22MM PLASTICA 1 FURO VAZIA	Schneider Electric
ZBE101	9	BLOCO DE CONTATO 1NA	Schneider Electric

1,054E+09	5	PONTE WQV 2.5-10	Weidmuller
1,05E+09	14	TAMPA WAP 2.5-10	Weidmuller
1,061E+09	16	POSTE WEW 35/2	Weidmuller
3RH19211FA31	2	BLOCO DE CONTATO .AUX.FRONTAL 3NA/1NF	Siemens
3RH19111FA31	2	BLOCO DE CONTATO .AUX.FRONTAL 3NA/1NF	Siemens
3RH19111FA22	2	BLOCO DE CONTATO .AUX.FRONTAL 2NA/2NF	Siemens
776048	1	PAINEL DE MONTAGEM 1000X800X200MM	Lukbox
103003954	1	CORTINA DE SEGURANÇA 1 491 mm SLC440COM-ER- 1450-30	Schmersal
164250	1	Conector M12 - 5 pinos, fêmea, reto, cabo de 10m	Schmersal

164261	1	Conector M12 - 4 pinos, fêmea, angular, cabo de 10m	Schmersal
EZ9F33104	1	DISJUNTOR EASY9 1P 4A CURVA C - 3000A	Schneider Electric
LP1K0901BD	1	CONTATOR TRIPOLAR TESYS K 9A 1NF 24VCC	Schneider Electric
LC1D40ABNE	1	CONTATOR TRIPOLAR 40A 1NA+1NF 24VCC	Schneider Electric
CA3KN22BD	2	CONTATOR AUXILIAR TESYS K 2NA+2NF 24VCC	Schneider Electric
LA1KN20	1	BLOCO DE CONTATO .AUX.FRONTAL 2NA	Schneider Electric
XA2EW36B1	1	Botão luminoso Ø22mm plástico, retorno por mola, azul, NA, 24VCA/CC	Schneider Electric
ZA2EE101	1	BLOCO DE CONTATO XA2E 1 NA	Schneider Electric

VCD02	1	INTERRUPTOR SECCIONADOR VARIO 12A	Schneider Electric
XCSDMP7002	3	CHAVE MAGNETICA DE SEGURANCA 2NF + NA	Schneider Electric
XZCC12MDM40B	3	CONECTOR M12 MACHOO 4 PRETO	Schneider Electric
XZCC12FDM40B	3	CONECTOR M12 RETO 4 PINOS	Schneider Electric
ABLS1A24031	1	Fonte de Alimentação - 24 Vdc - 3,1 A - 75 W - 100/240 Vac ou 140/340 Vdc - Monofásica	Schneider Electric
1,02E+09	128	CONECTOR WDU 2.5 mm ²	Weidmuller
1,01E+09	1	CONECTOR WDU 2,5 mm ² VD/AM	Weidmuller
1,02E+09	6	CONECTOR WDU 10mm ²	Weidmuller
NSYTRV42SF5LD	2	CONECTOR PARAFUSO FUSIVEL 4MM2 2 PONTOS C/ LED	Schneider Electric

Fonte: Autoria própria (2025)

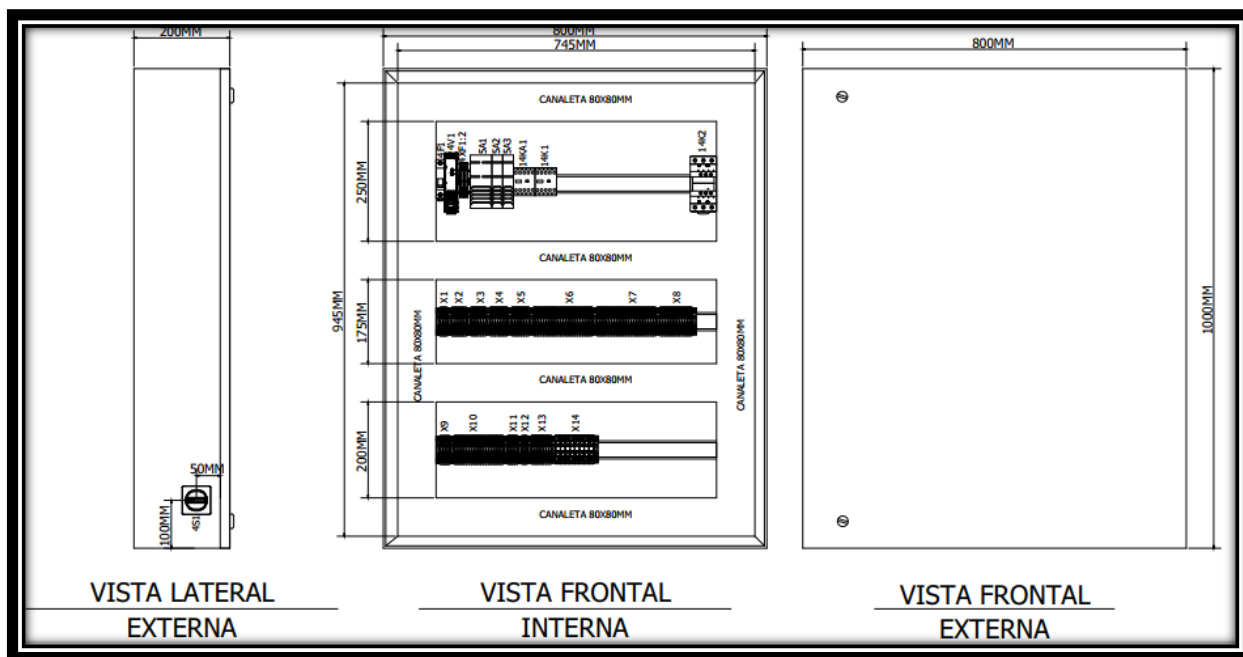
4.1.4 Projeto executivo

Com a definição dos equipamentos para a adequação a NR-12, dá-se início à etapa de desenvolvimento do projeto. Nessa fase, as equipes de engenharia elétrica e mecânica procedem à elaboração das respectivas documentações técnicas. Ao término desse processo, são produzidos os diagramas elétricos dos painéis, das caixas de passagem e da infraestrutura, bem como os desenhos mecânicos das máquinas, nos quais são especificadas, de forma precisa, as localizações das proteções fixas e móveis.

4.1.4.1 Layout do painel

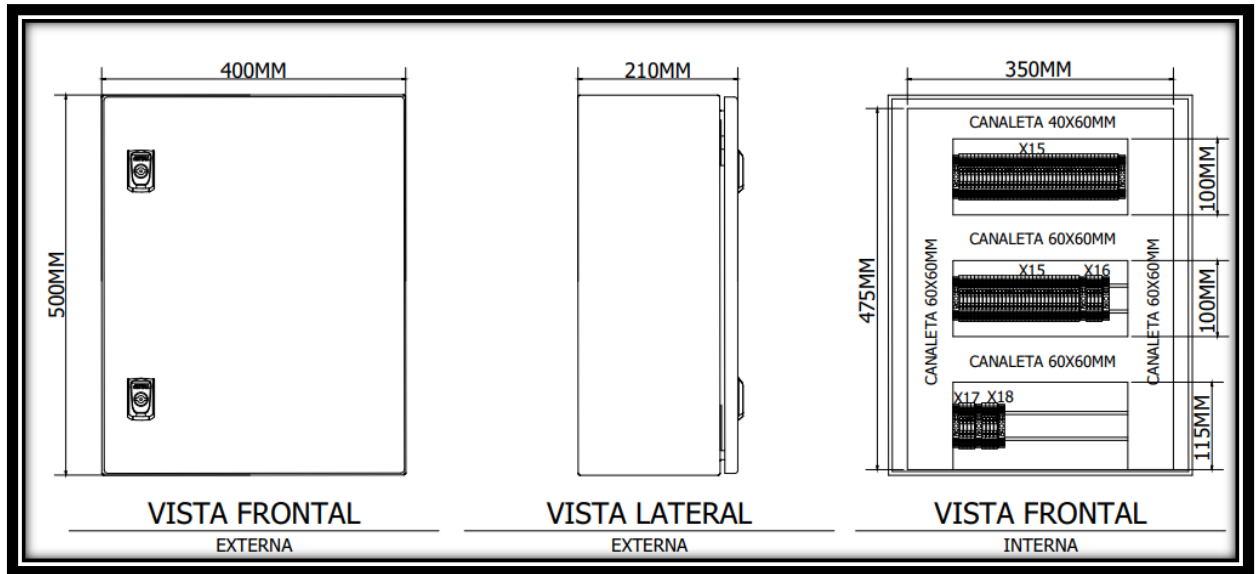
O layout final do painel de adequação a NR-12 pode ser visto na figura 26 e 27, a seguir.

Figura 27 - Layout do painel adequado a NR-12 do KUK001



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 28 - Continuação Layout KUK001

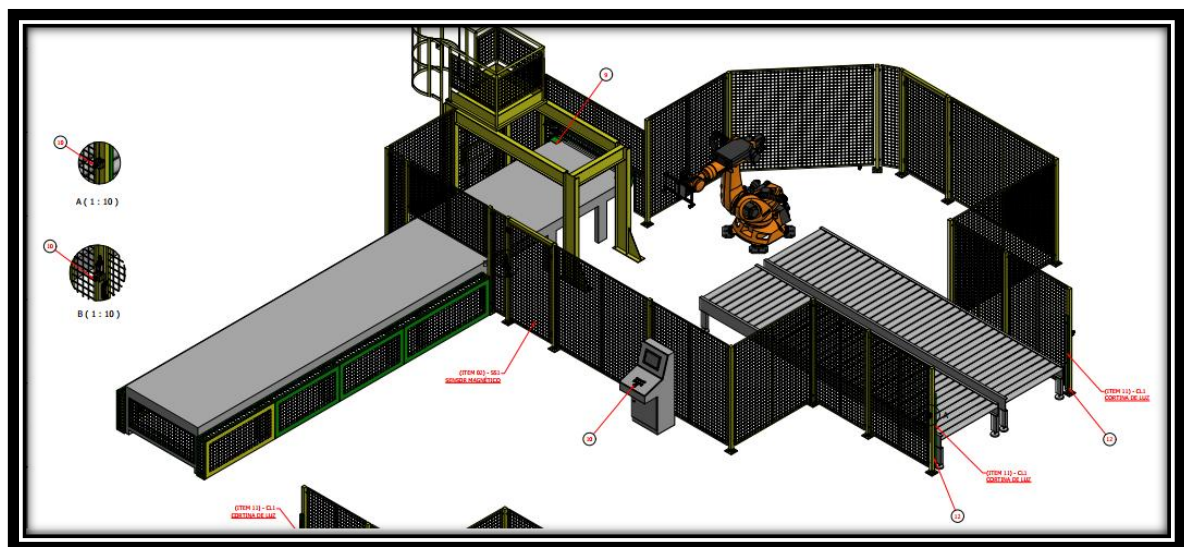


Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.4.2 Projeto mecânico

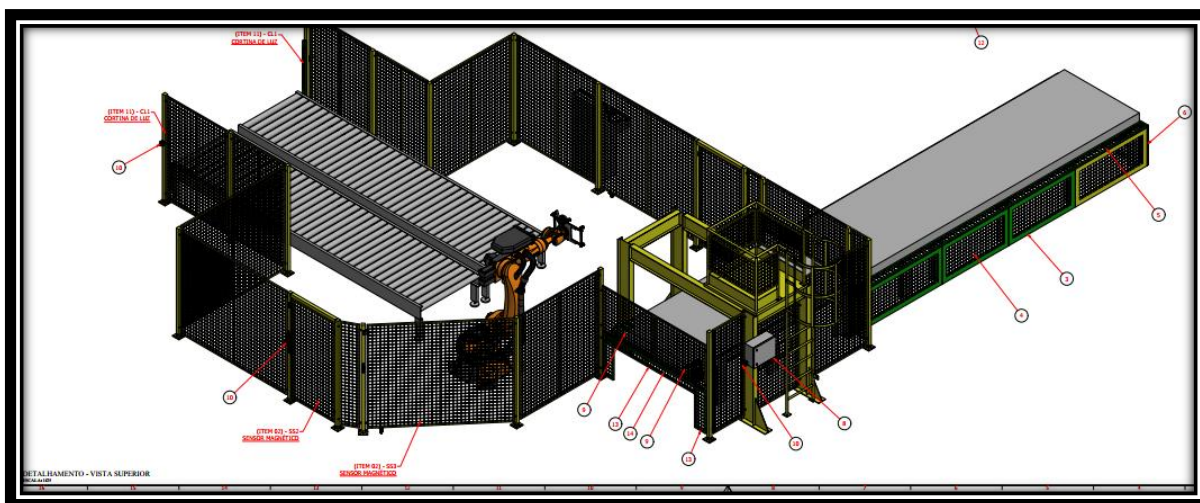
Com base na definição da estrutura mecânica da máquina, o projeto mecânico apresenta o desenho técnico do equipamento que será submetido à adequação, levando em consideração a disposição das proteções fixas e móveis, bem como a localização dos sensores destinados à segurança do operador e do processo. A Figura 29 e 30 a seguir ilustra o desenho mecânico KUK001, no qual é possível identificar a disposição das proteções fixas e móveis, assim como, a disposição dos sensores que irão garantir a proteção.

Figura 29 - Desenho mecânico KUK001 – Lado A



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 30 - Desenho mecânico KUK001 – Lado B



Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.5 Planejamento e execução

Com a conclusão do levantamento técnico, a definição dos custos orçados, o tempo estimado de execução e os projetos aprovados, dá-se início à etapa de adequação propriamente dita. Nesse momento, é realizada a reunião inicial de obra, também conhecida como reunião de alinhamento, cujo propósito é integrar todas as partes envolvidas e definir os parâmetros que nortearão a execução do projeto.

Durante essa reunião, são apresentados o custo total da intervenção, o prazo previsto para conclusão, e as etapas principais do cronograma, de modo que todos os participantes — cliente, responsável técnico, especialista em segurança e fornecedor da adequação mecânica — possam alinhar suas responsabilidades e garantir que a comunicação entre os setores ocorra de forma clara e eficiente.

Posteriormente, é dado início ao processo de aquisição dos materiais e componentes necessários, por meio da emissão dos pedidos de compra junto ao setor de suprimentos. Essa etapa é considerada crítica, visto que determinados equipamentos e dispositivos de segurança podem possuir prazos de entrega prolongados, o que pode impactar diretamente o cronograma de execução. Por esse motivo, é fundamental o planejamento antecipado das compras, assegurando que os prazos sejam compatíveis com o avanço das atividades de montagem.

De posse das datas de entrega dos materiais e equipamentos, elabora-se o cronograma detalhado de obra, no qual são estabelecidas as etapas de instalação, testes e validação. Para efeito de simulação prática, considerou-se o início das atividades em janeiro de 2023, conforme apresentado na Tabela 5, que ilustra o cronograma de adequação KUK001.

Tabela 6 - Cronograma de adequação KUK001

Atividades	Início	Fim
Envio do projeto mecânico	05/12/2022	05/12/2022
Levantamento elétrico	05/12/2022	05/12/2022
Compras de materiais	07/12/2022	07/12/2022
Aprovação do projeto mecânico	12/12/2022	12/12/2022
Entrega do painel elétrico	13/12/2022	13/12/2022
Chegada dos materiais	19/12/2022	30/12/2022
Instalações elétricas	10/01/2023	25/01/2023
Instalações mecânicas	10/01/2023	25/01/2023

Fonte: Autoria própria (2025)

Com o cronograma finalizado, procede-se à designação das equipes técnicas de acordo com suas competências e áreas de especialização. Cada profissional é alocado nas atividades correspondentes à sua função, assegurando que todas as tarefas sejam executadas conforme o planejamento. Essa etapa culmina com o startup do sistema e a entrega do equipamento em pleno funcionamento, garantindo a conformidade com os requisitos da Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) e a segurança operacional da máquina.

4.1.6 Laudos

Após a instalação completa do sistema e a execução das adequações de segurança, torna-se indispensável a realização de uma inspeção técnica conduzida por engenheiro de segurança do trabalho ou técnico devidamente habilitado. Essa etapa tem por objetivo verificar a conformidade das medidas implementadas em relação às exigências legais e aos parâmetros definidos na Análise Preliminar de Riscos (APR).

Durante a inspeção, são analisados aspectos construtivos, funcionais e de segurança, como o posicionamento das proteções fixas e móveis, a eficiência dos dispositivos de intertravamento, o funcionamento dos sistemas de parada de emergência e a comunicação entre o sistema de comando e o Controlador Lógico Programável (CLP).

Com base nessas verificações, o profissional responsável deve emitir um laudo técnico conclusivo, documentando as observações realizadas e atestando a conformidade do sistema com os requisitos estabelecidos pela Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12). Esse laudo é fundamental para comprovar a segurança operacional da máquina, assegurando que o equipamento opere de forma segura, eficiente e em conformidade com a legislação vigente.

4.1.6.1 Arranjo físico e instalações

A distância mínima entre as máquinas foi determinada de acordo com as suas características construtivas, dimensões e finalidades operacionais, assegurando a integridade física dos trabalhadores e a eficiência das atividades desempenhadas. Essa distância é essencial para garantir que os operadores possam realizar a movimentação adequada dos segmentos corporais, como braços e pernas, sem risco de colisões ou aprisionamento durante a execução das tarefas.

Além disso, a organização do layout industrial foi projetada de modo a permitir o fluxo seguro de materiais, ferramentas e insumos, respeitando os princípios ergonômicos e de segurança estabelecidos na Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), especificamente no item 12.2.3, que trata dos espaços necessários ao redor das máquinas e equipamentos. Tal medida visa não apenas à prevenção de acidentes, mas também à otimização do ambiente produtivo, proporcionando conforto e eficiência aos operadores.

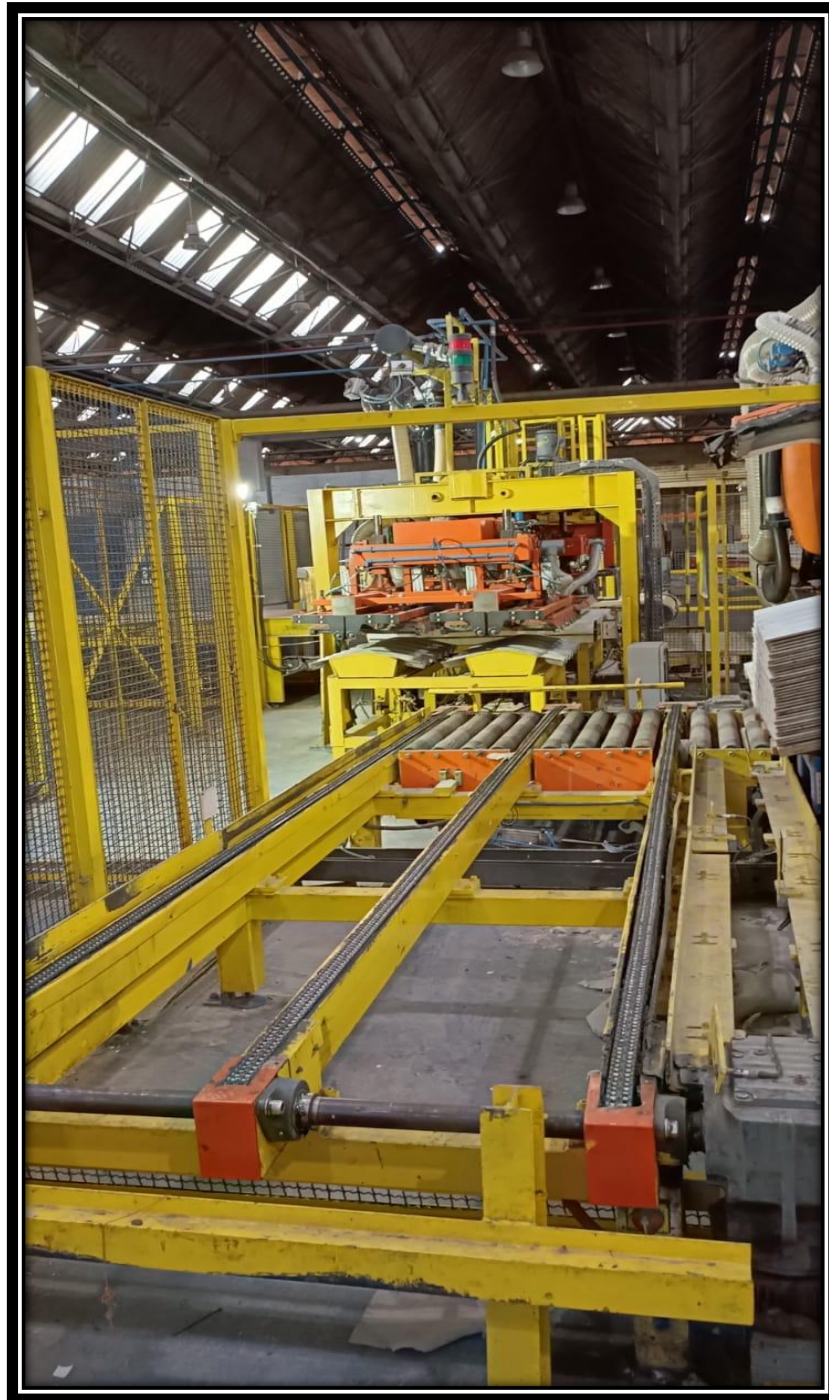
As Figuras 31, 32, 33, 34, apresentadas a seguir, ilustram a disposição física da máquina KUK001 no ambiente industrial, evidenciando o espaço livre para circulação e operação segura.

Figura 31 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado A



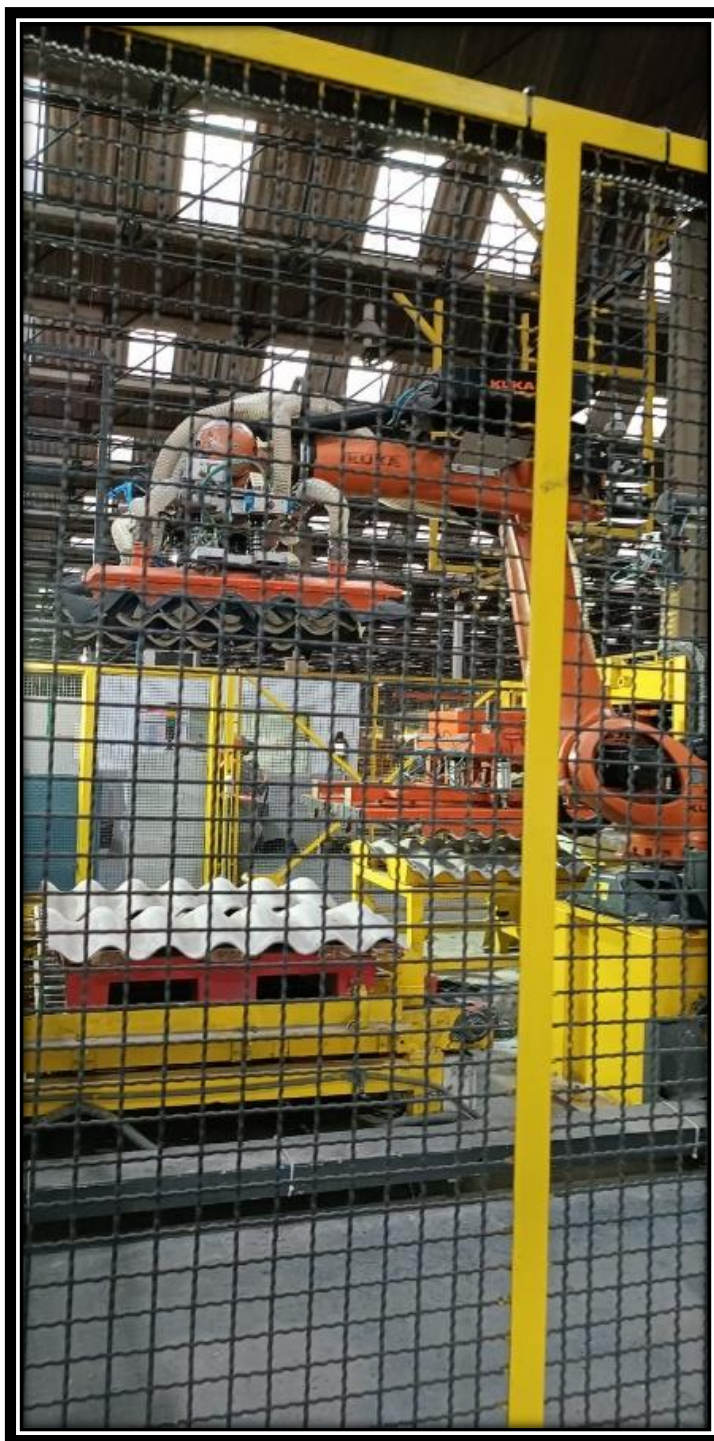
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 32 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado B



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 33 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado C



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 34 - Disposição física da máquina KUK001 – Lado D



Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.6.2 Sistemas de Segurança

A Tabela 7 a seguir mostra o HRN – Laudo de perigo após adequação da máquina KUK001.

Tabela 7 - HRN – laudo de perigo pós adequação KUK001

ARRANJO FÍSICO E INSTALAÇÕES					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	8	1	1,32	RARO
INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	15	2	4,95	BAIXO
DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	8	1	1,32	RARO
SISTEMA DE SEGURANÇA					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	8	1	1,32	RARO
DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	8	1	1,32	RARO
COMPONENTES PRESSURIZADOS					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	2,5	2	1	0,165	RARO
TRANSPORTADORES DE MATERIAIS					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	1	1	0,165	RARO
ASPECTOS ERGONÔMICOS					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	2	1	0,33	RARO
SINALIZAÇÃO					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
PO	FE	GPL	NP	HRN	RISCO
0,033	5	4	2	1,32	RARO
MANUAIS					

Avaliação do Risco após adequação - HRN					
<i>PO</i>	<i>FE</i>	<i>GPL</i>	<i>NP</i>	<i>HRN</i>	<i>RISCO</i>
0,033	5	4	2	1,32	RARO

PROCEDIMENTOS					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
<i>PO</i>	<i>FE</i>	<i>GPL</i>	<i>NP</i>	<i>HRN</i>	<i>RISCO</i>
0,033	5	4	2	1,32	RARO

CAPACITAÇÃO					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
<i>PO</i>	<i>FE</i>	<i>GPL</i>	<i>NP</i>	<i>HRN</i>	<i>RISCO</i>
0,033	5	4	2	1,32	RARO

OUTROS REQUISITOS ESPECÍFICOS DE SEGURANÇA					
Avaliação do Risco após adequação - HRN					
<i>PO</i>	<i>FE</i>	<i>GPL</i>	<i>NP</i>	<i>HRN</i>	<i>RISCO</i>
0,033	5	4	2	1,32	RARO

Fonte: Autoria própria (2025)

A seguir as figuras 35 e 36 - Proteções fixas; as figuras 37, 38, 39 e 40 - Proteções móveis; as figuras 41, 42, 43 e 44 - Dispositivo de parada de emergência; ilustram as melhorias de segurança para máquina KUK001.

Figura 35 - Proteções físicas – A



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 36 - Proteções físicas – B



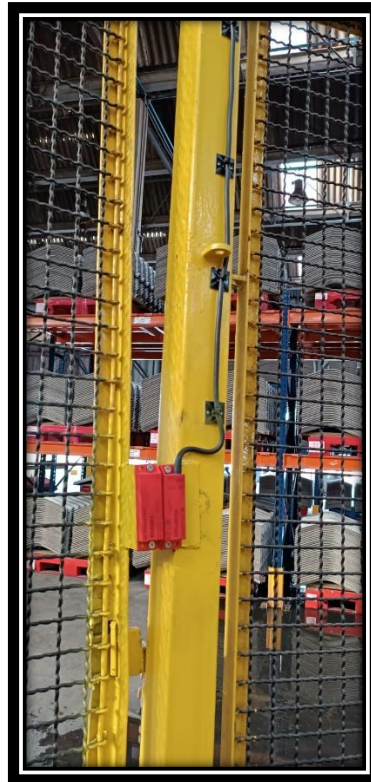
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 37 - Proteções moveis – A



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 38 - Proteções moveis – B



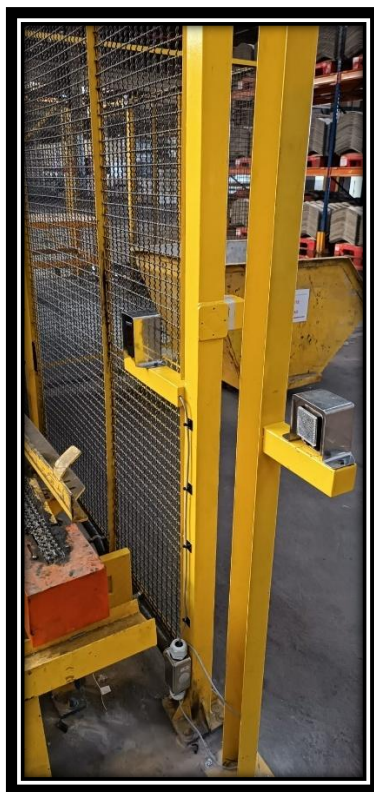
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 39 - Proteções moveis – C



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 40 - Proteções moveis – D



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 41 - Dispositivo de parada de emergência – A



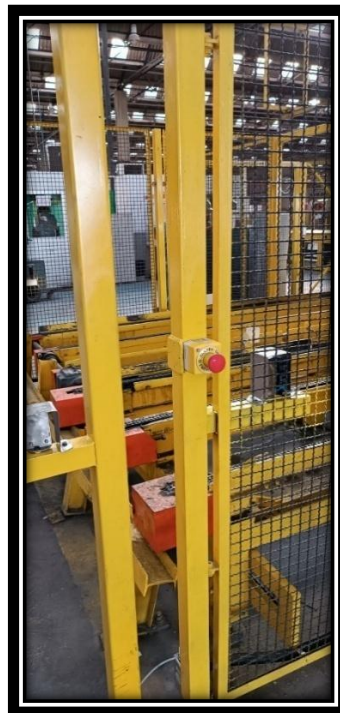
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 42 - Dispositivo de parada de emergência – B



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 43 - Dispositivo de parada de emergência – C



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 44 - Dispositivo de parada de emergência – D



Fonte: Autoria própria (2025)

Na figura 45 é mostrado o painel de passagem organizado de forma clara, é limpo e cabeado com as devidas identificações. Nas figuras 46, 47, 48, 49, 50 e 51 é mostrado os devidos testes de verificação de funcionamento como a energização, aterramento do painel, e as ligações dos componentes externos ao painel, seguindo a NR-10 e facilitando trabalhos de manutenção futura e minimizando riscos de choque ou mau funcionamento.

Figura 45 - Pannel de passagem de cabos organizado



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 46 - Testes de aferição de aterramento do painel – A



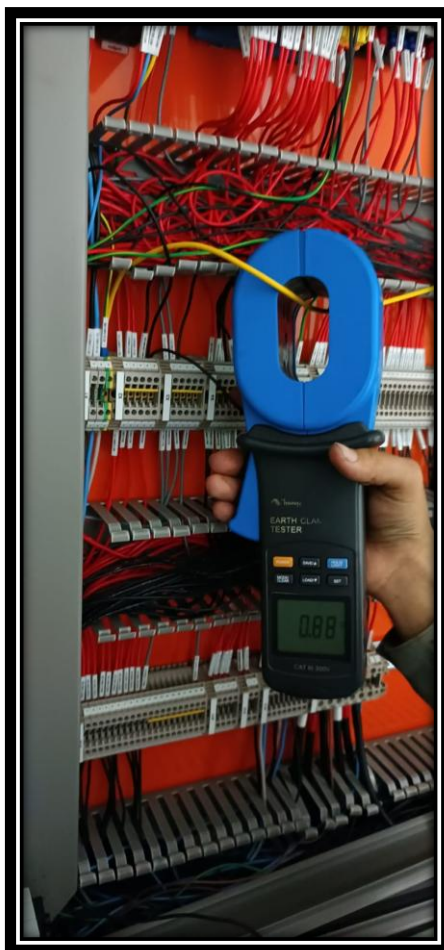
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 47 - Teste de aferição de energização do painel – B



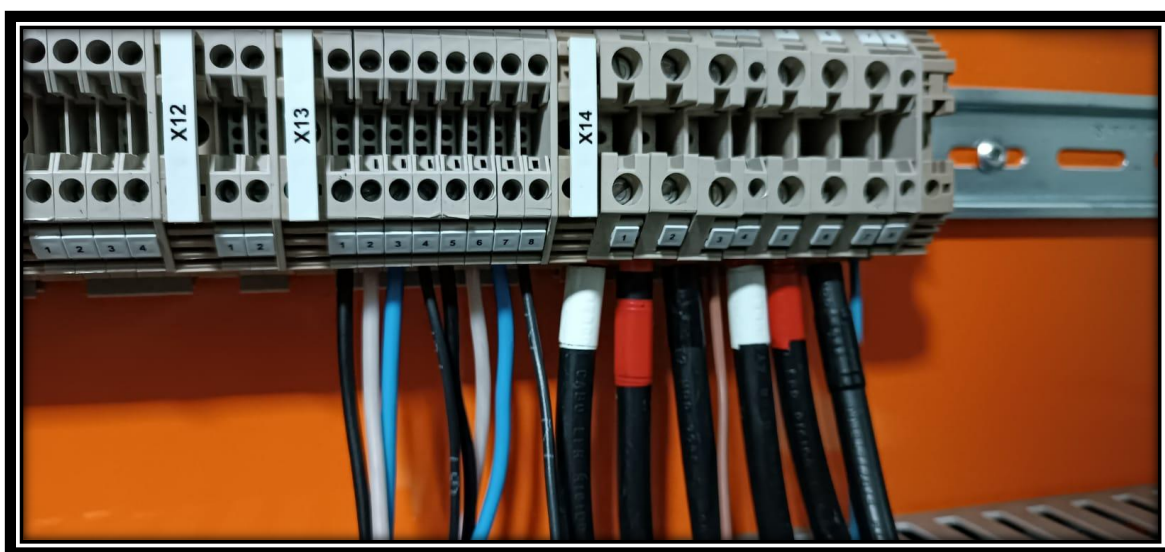
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 48 - Teste de aferição de energização do painel – C



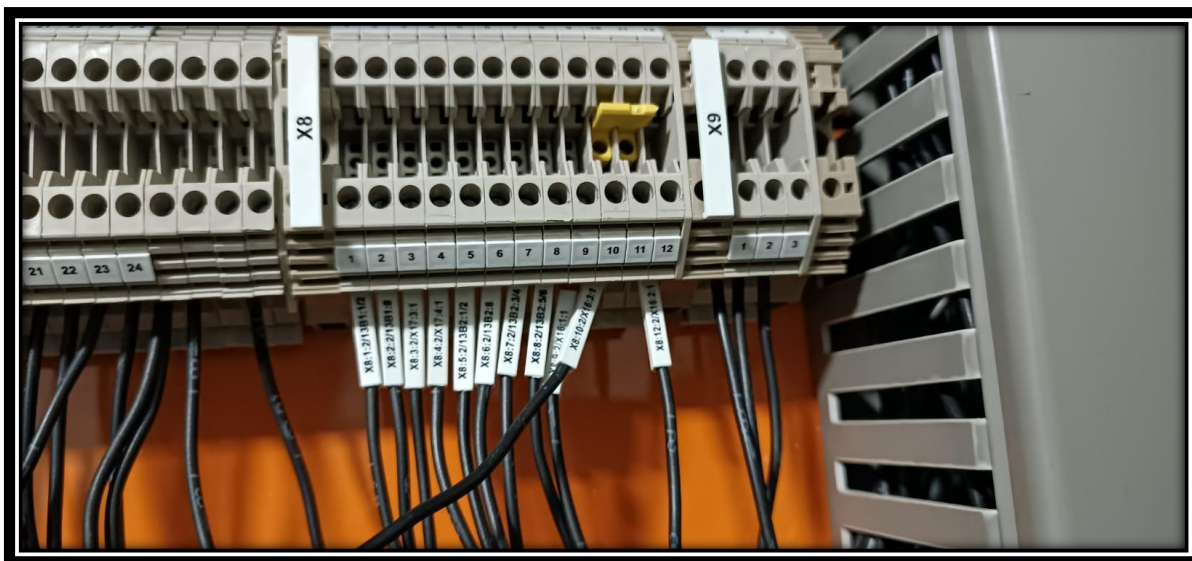
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 49 - Ligações dos componentes externos ao painel – A



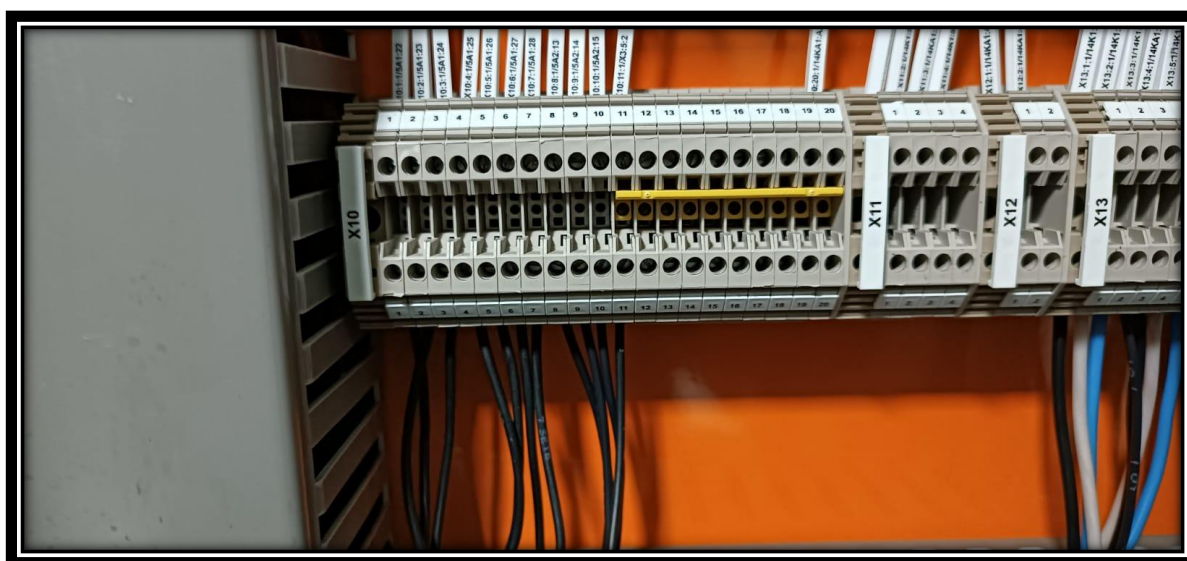
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 50 - Ligações dos componentes externos ao painel – B



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 51 - Ligações dos componentes externos ao painel – C



Fonte: Autoria própria (2025)

4.1.7 Databook

Após a conclusão de todos os procedimentos de adequação das máquinas e equipamentos, bem como a verificação do atendimento integral aos requisitos estabelecidos pela Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), é realizada a emissão dos respectivos laudos técnicos que comprovam a conformidade das modificações implantadas. Esses documentos têm como objetivo atestar que as intervenções executadas atenderam aos parâmetros de segurança

mecânica, elétrica e de controle, assegurando condições adequadas de operação e proteção aos trabalhadores envolvidos nas atividades produtivas.

Concluída essa etapa, procede-se à emissão da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), documento previsto pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), que formaliza a responsabilidade do profissional habilitado sobre os serviços de projeto, execução e validação das adequações. A ART constitui um instrumento legal que garante a rastreabilidade e a legitimidade técnica de todo o processo, sendo parte indispensável da documentação final de conformidade.

Em seguida, elabora-se o dossiê técnico final, composto pela totalidade dos registros e evidências documentais obtidos durante o processo de adequação. Esse conjunto inclui a Análise Preliminar de Riscos (APR), o projeto elétrico e mecânico atualizados, os Procedimentos Operacionais Padrão (POP), os laudos de avaliação e de aterramento, os certificados e datasheets dos componentes utilizados, além da própria ART. Este documento consolidado representa o encerramento formal do processo de adequação à NR-12, servindo como referência técnica e comprovação de conformidade perante auditorias e fiscalizações.

5 CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo de caso sobre a aplicação da NR-12 na adequação de uma máquina destinada à fabricação e empilhamento automático de telhas tipo Cumeeira, composta por esteiras transportadoras e robô industrial Kuka, buscou-se reduzir os riscos ocupacionais e preservar a integridade física dos trabalhadores. Para isso, foram identificados os riscos existentes na máquina, verificados os requisitos legais aplicáveis e analisadas suas condições em relação às exigências da norma. Com base nesse diagnóstico, foram propostas e implementadas medidas corretivas e preventivas, incluindo dispositivos de segurança e procedimentos operacionais seguros, além do registro fotográfico das condições antes e após a adequação.

Essas etapas permitiram avaliar o impacto das melhorias realizadas quanto à redução dos riscos, ao aumento da segurança no ambiente de trabalho e à conformidade com a legislação vigente, demonstrando que os objetivos estabelecidos neste trabalho foram plenamente alcançados. A leitura e interpretação da NR-12, aliadas à vivência prática, proporcionaram uma compreensão aprofundada de que sua aplicação vai além do cumprimento legal: representa a valorização da vida e dos ativos industriais.

A análise crítica das soluções adotadas evidenciou que a escolha adequada deve considerar as necessidades operacionais, os custos envolvidos e a busca constante por segurança sem prejudicar a produtividade. Por isso, mais do que uma aplicação pontual, este estudo reforça a importância de uma postura proativa e da evolução contínua das práticas de segurança. Assim, a adequação aqui apresentada contribui não apenas para atender às exigências normativas, mas para fortalecer uma cultura industrial mais segura, eficiente e sustentável, onde a excelência operacional e a proteção das pessoas caminham lado a lado.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12100: Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Avaliação e redução de riscos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 13849-1: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Parte 1: Princípios gerais do projeto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14153 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto.** Julho de 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE.** 31 de julho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14119 -Segurança de máquinas - Dispositivos de intertravamento associado às proteções - Princípios de projeto e seleção.** 17 de fevereiro de 2021.

Brasil. Portaria MTE nº 3.214, de 8 de junho de 1978. **Aprova as Normas Regulamentadoras relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Diário Oficial [da] União: seção 1, Brasília, DF, 06 jul. 1978.** Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partiaria/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 10 out 2025.

Brasil. Portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022. **Aprova a redação da Norma Regulamentadora n.º 12 — Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (Atualização 2022). Diário Oficial [da] União: seção 1, Brasília, DF, 22 dez. 2022.** Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite->

partiaria/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf. Acesso em: 22 set 2025

Brasil. Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010. **Aprova nova redação da Norma Regulamentadora 12 — Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Diário Oficial [da] União: seção 1, 24 dez. 2010.** Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?legislacao=223704>. Acesso em: 15 set 2025.

Brasil. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. **Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213.htm>. Acesso em: 04 set. 2025.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2024.** Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12>>. Acesso em: 05 set. 2025.

Brasil. **Ministério do Trabalho e Emprego. Estatísticas de Acidentes de Trabalho.** Disponível em: <<https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/estatisticas-de-acidentes-de-trabalho>>. Acesso em: 01 nov. 2025

Brasil. **Ministério do Trabalho e Previdência. Quantidade de acidentes do trabalho, por situação do registro e motivo, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), no Brasil - 2018/2020. Brasília, 2021.** Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/ptbr/assuntos/previdenciasocial/saudeeseguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-dotrabalho/arquivos/AEAT_2020/secao-i-estatisticasdeacidentesdotrabalho/subsecao-a-acidentes-do-trabalho/capitulo-1-brasil-e-grandesregioes/1-1-quantidade-de-acidentes-do-trabalho-por-situacao-do-registro-e-motivosegundo-a-classificacao-nacional-de-atividades-economicas-cnae-no-brasil-2018-2019>. Acesso em: 04 set 2025

EN ISO 14120 - Safety of machinery. Guards. General requirements for the design and construction of fixed and movable guards. 30 de novembro de 2015.

FUNDACENTRO. **Norma Regulamentadora nº 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos: Comentários e Estudos Técnicos**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2018.

OBSERVATÓRIO DE SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO. **SmartLab – Acidentes de trabalho no Brasil**. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst>>. Acesso em: 03 out. 2025.