

## **REDE DE ENSINO DOCTUM**

**Ricardo Gabriel dos Reis**  
**Professor: Luis Gustavo Braga**

**Contribuição da Automação para o Cumprimento da NR-12 em Ambientes  
Industriais**



**PROFESSOR: Luis Gustavo Braga**  
**2025**

**Contribuição da Automação para o Cumprimento da NR-12 em Ambientes Industriais**

**Fevereiro 2025**

*Rede de Ensino Doctum*

**Elaborado por: Ricardo Gabriel dos Reis**

**MSc. Luis Gustavo Braga**

**Professor dos cursos de Engenharia da Rede de Ensino Doctum**

**RESUMO :**

Este trabalho tem como objetivo destacar a importância da Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) na proteção de trabalhadores que operam máquinas e equipamentos. A pesquisa demonstra que a aplicação adequada dos requisitos normativos é decisiva para reduzir acidentes e mitigar riscos. Além disso, evidencia o uso do método de cálculo Hazard Rating Number (HRN) como ferramenta quantitativa fundamental na avaliação de riscos. Este estudo discute o papel da automação industrial como um apoio estratégico, que complementa a segurança normativa ao reduzir a exposição direta do trabalhador a zonas de perigo. Dessa forma, demonstra-se que a integração entre a análise de riscos (via HRN e NR-12) e as soluções de automação é um caminho eficaz para promover ambientes industriais mais seguros e eficientes.

**Palavras-chave:** NR-12; automação industrial; segurança do trabalho; mitigação de riscos; produtividade; cálculo HRN.

**Abstract :**

This work aims to highlight the importance of Regulatory Standard No. 12 (NR-12) for the protection of workers involved in activities with machinery and equipment. The research discusses how the application of regulatory requirements is essential for reducing accidents and mitigating risks, and emphasizes the use of the Hazard Rating Number (HRN) calculation method as a crucial quantitative tool for this analysis. This study discusses the role of industrial automation as a strategic support that complements regulatory safety by reducing the worker's direct exposure to danger zones. Thus, it is demonstrated that the integration between risk analysis (via HRN and NR-12) and automation solutions is an effective path to promoting safer and more efficient industrial environments.

**Keywords:** NR-12; industrial automation; occupational safety; risk mitigation; productivity; HRN calculation

## 1. Introdução:

Os acidentes em ambientes industriais figuram entre os mais frequentes no Brasil, variando desde lesões graves, como a perda de membros, até eventos fatais. Entre 2011 e 2022, dados do Observatório de Saúde e Segurança do Trabalho indicam que cerca de 15% do total de acidentes ocorreram em ambientes industriais, sendo que este setor apresentou uma taxa de acidentes fatais três vezes maior que a média geral (OBSERVATÓRIO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO, 2023).

De acordo com informações do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro), a indústria brasileira apresenta índices consideráveis de acidentes, especialmente nos setores da construção civil, metalurgia, mineração e petroquímico, considerados de maior risco ocupacional (MTE, 2024; FUNDACENTRO, 2024).

Com o intuito de mitigar tais ocorrências, em 22 de dezembro de 1977 foram instituídas as Normas Regulamentadoras (NRs), estabelecendo diretrizes para a prevenção e a redução de acidentes de trabalho. Entre essas normas, destaca-se a NR-12, que tem como pilar a saúde e a segurança dos trabalhadores. Em setores industriais, onde o uso de máquinas pesadas e complexas é constante, os riscos de acidentes são elevados, tornando sua aplicação essencial (BRASIL, 2025).

A NR-12 busca minimizar esses riscos por meio de exigências como a instalação de dispositivos de segurança, a realização de treinamentos adequados, a manutenção periódica e a sinalização clara. Além disso, contempla aspectos ergonômicos e de adaptação das condições de trabalho, contribuindo não apenas para a prevenção de acidentes, mas também para a produtividade e o bem-estar dos trabalhadores.

O cumprimento da NR-12 também representa um avanço no compromisso social das empresas com a saúde ocupacional. A norma estabelece requisitos técnicos rigorosos para a segurança em máquinas e equipamentos, exigindo a integração de dispositivos como paradas de emergência, barreiras físicas, sensores de presença e sistemas de intertravamento — tecnologias diretamente relacionadas à automação. Nesse contexto, quanto mais automatizado for o processo industrial, maior deve ser a atenção à conformidade com a norma.

A automação, por sua vez, facilita a implementação de sensores e dispositivos de intertravamento, como chaves magnéticas, interruptores RFID ou cortinas de luz, que impedem o funcionamento da máquina quando uma proteção está aberta. Esses sistemas garantem que a máquina não opere enquanto houver risco para o operador, contribuindo de forma decisiva para a redução de acidentes e para a segurança nos ambientes industriais.

## **2. Objetivo geral:**

O objetivo deste trabalho é demonstrar como a automação pode ser um fator decisivo na prevenção de acidentes, especialmente quando combinada com as diretrizes da NR-12. Busca-se evidenciar o papel das lógicas de programação avançadas e dos circuitos elétricos de proteção na mitigação de falhas humanas, elétricas e mecânicas. Através da implementação desses sistemas automatizados, é possível criar mecanismos de segurança mais eficazes, que monitoram e controlam as condições operacionais, minimizando o risco de erros humanos, falhas no sistema elétrico e defeitos mecânicos que possam levar a acidentes. Ao integrar essas tecnologias, as indústrias não apenas cumprem as normas regulamentadoras, mas também garantem ambientes de trabalho mais seguros e eficientes.

## **3. Objetivo Específico:**

No Brasil, muitos acidentes acontecem em fábricas e indústrias, e grande parte deles poderia ser evitada com o uso de sistemas elétricos automatizados. Esses sistemas ajudam a controlar e monitorar as operações de forma mais segura, reduzindo o risco de erros humanos e, conseqüentemente, diminuindo o número de acidentes.

Em um estudo feito em uma empresa siderúrgica, localizada na Zona da Mata Mineira, foi descoberto que 73% dos acidentes poderiam ter sido evitados se a empresa tivesse investido em sistemas mais automatizados. Isso mostra como a automação pode ser uma grande aliada na segurança dos trabalhadores, tornando o ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

#### 4. REFERÊNCIAL TEÓRICO

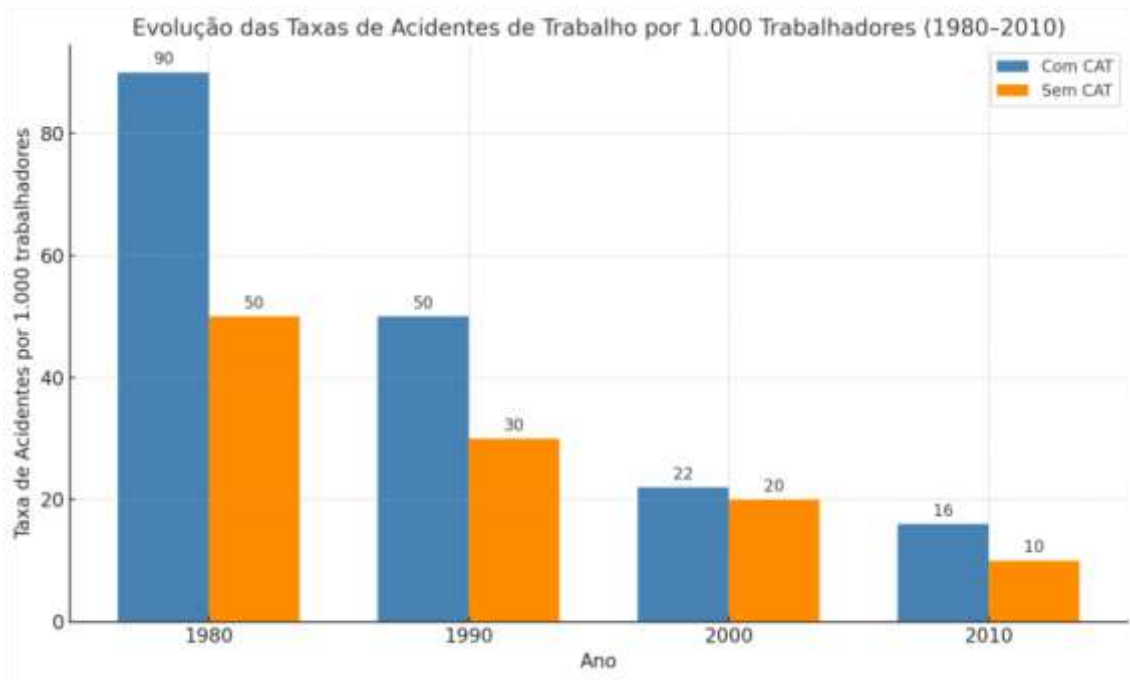
No Brasil, há um conjunto de normas que detalham as obrigações tanto dos empregadores quanto dos empregados no âmbito da Saúde e Segurança do Trabalho. Assim, até o ano de 2025, existem 39 Normas Regulamentadoras que foram criadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego estabelecem diretrizes no que tange as diversas áreas do trabalho e dos sistemas ocupacionais, promovendo a saúde e a segurança dos trabalhadores em múltiplos cenários.

A necessidade de criação das normas regulamentadoras se deu ao grande desenvolvimento de indústrias no Brasil, juntamente com o período da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à segurança e medicina do trabalho pois, com o avanço da industrialização, aumentaram significativamente os riscos ocupacionais e os índices de acidentes laborais.

De acordo com dados oficiais do Ministério do Trabalho, verificou-se uma redução significativa nos índices de acidentes laborais no Brasil após a implementação das Normas Regulamentadoras (NRs) (BRASIL, 2023; FUDACENTRO, 2023)

Estima-se que, desde 1978, aproximadamente 8 milhões de acidentes e 46 mil óbitos tenham sido evitados. Antes da criação das Normas Regulamentadoras (NRs), os registros indicavam cerca de 1,4 milhão de acidentes por ano, enquanto atualmente esse número situa-se em torno de 600 mil ocorrências anuais. Tal diminuição evidencia o impacto positivo das NRs na promoção da segurança e saúde ocupacional, fortalecendo a cultura preventiva, aprimorando a fiscalização e estimulando a adoção de práticas laborais mais seguras em diversos setores econômicos, especialmente na indústria.

Conforme demonstrado na Figura 1, observa-se uma tendência decrescente significativa no número de acidentes de trabalho ao longo das últimas décadas. Especificamente, verificou-se uma redução de aproximadamente 45% no intervalo entre as décadas de 1970 e 1980. Na década subsequente (1980–1990), a queda foi ainda mais expressiva, alcançando 64%. Já no período entre a década de 1990 e os dias atuais, observou-se uma diminuição adicional de 28%, indicando uma desaceleração na taxa de redução, mas mantendo a trajetória de queda. Esses dados corroboram a efetividade das NRs como instrumento de política pública na mitigação de riscos ocupacionais e prevenção de acidentes.



**Figura 1** – Demonstrativo da evolução na redução de acidentes do trabalho

**Fonte:** Adaptado da Revista Cipa & Incêndio 2022

Dentre essas normas, a NR-12 se destaca como um pilar essencial, pois trata da segurança no uso de máquinas e equipamentos. A implementação dessa norma se faz indispensável em ambientes industriais, uma vez que ela orienta não apenas a operação, mas também a manutenção, o treinamento e a inspeção de equipamentos. A NR-12 visa a mitigação de riscos e a prevenção de acidentes por meio de estratégias que incluem a análise do funcionamento dos equipamentos, a instalação de dispositivos de segurança e a formação adequada dos operadores. O objetivo central é garantir a produção de forma segura, protegendo tanto os trabalhadores que operam as máquinas quanto aqueles envolvidos em atividades de manutenção, reparo ou intervenções no ambiente de trabalho. Ademais, a tecnologia tem desempenhado papel crucial na melhoria da segurança industrial. Com o avanço contínuo da automação, é possível incorporar novas ferramentas e sistemas que aumentam a eficiência e reduzem o risco de acidentes. A automação industrial no Brasil tem se expandido nos últimos anos, principalmente em grandes indústrias do setor automobilístico, metalúrgico e de alimentos, o que permite a execução de tarefas perigosas por

sistemas automatizados, diminuindo a exposição dos trabalhadores a situações de risco. Além disso, a implementação de sensores inteligentes, robôs colaborativos e sistemas de monitoramento remoto proporciona maior controle sobre os processos, permitindo a detecção precoce de falhas e a redução de erros humanos. Com o avanço das tecnologias e a crescente digitalização das fábricas, o Brasil tem, portanto, a oportunidade de tornar seus ambientes industriais ainda mais seguros, ao mesmo tempo em que mantém a produtividade. A implementação eficaz das normas de segurança, combinada com a inovação tecnológica, tem se mostrado uma estratégia poderosa para a redução dos índices de acidentes, promovendo um ambiente de trabalho mais protegido e saudável para os trabalhadores, e garantindo a continuidade e a competitividade das empresas no cenário global.

Com o crescente desenvolvimento de equipamentos, o ano de 1950 marcou o início da Terceira Revolução Industrial, que teve como destaque o avanço das tecnologias, especialmente da eletrônica e da automação. Como ocorre com todo avanço, surgiu também a necessidade de cuidados com a saúde e a segurança. Assim, foram criadas as normas regulamentadoras, que estão vigentes até os dias atuais, tendo como base, em ambientes industriais, a NR-12.

Essa norma estabelece exigências nas quais o avanço de tecnologias, como a automação, serve como grande auxílio na busca pela redução de acidentes a zero. Dentro da NR-12, encontram-se os seguintes temas, que serão abordados posteriormente para o desenvolvimento de um equipamento seguro: intertravamento de proteção, parada de emergência, sistema de controle seguro, reset manual e controlado, integração de dispositivos de segurança, bloqueio e sinalizações, e modo manual com segurança.

Dentro da NR-12 são identificadas 5 categorias, sendo elas descritas como Categoria: B, 1, 2, 3 e 4. Essas categorias se referem ao nível de segurança e confiabilidade das partes do sistema de controle de uma máquina que realizam funções de segurança, como parar a máquina em caso de emergência ou evitar que ela funcione com uma proteção aberta. Elas seguem o que está descrito em normas técnicas internacionais, como a ISO 13849-1, adotadas pela NR-12. Cada categoria define o quanto um sistema de segurança pode resistir a falhas e garantir proteção ao trabalhador.

Categoria B: É o nível mais simples. Nessa categoria, os sistemas de segurança são projetados seguindo boas práticas de engenharia, mas não possuem nenhum tipo de verificação automática de falhas. Os componentes devem funcionar corretamente dentro dos limites definidos, mas não há redundância nem autodiagnóstico. Serve apenas para situações com baixo risco de acidente

Categoria 1 : É parecida com a Categoria B, mas exige o uso de componentes com maior confiabilidade, ou seja, com menor chance de falha. Ainda não há diagnóstico automático, mas os componentes usados são mais robustos. É indicada para riscos ligeiramente maiores do que os da Categoria B.

Categoria 2 : Aqui, o sistema de segurança já conta com autodiagnóstico periódico, ou seja, ele faz testes automáticos de tempos em tempos para verificar se está funcionando corretamente. Se alguma falha for detectada, o sistema deve entrar em condição segura (por exemplo, desligar a máquina). Essa categoria não tem redundância, ou seja, depende de um único caminho de controle. É indicada para riscos moderados.

Categoria 3 : A Categoria 3 oferece um nível alto de segurança. Os sistemas de controle de segurança nessa categoria possuem redundância, ou seja, há dois canais independentes para executar a função de segurança (por exemplo, dois relés de segurança).

O sistema é capaz de detectar algumas falhas automaticamente, geralmente durante o ciclo de operação. Se uma falha acontecer em um dos canais, a função de segurança ainda será mantida, mas o sistema deve ser projetado para identificar essa falha e alertar para que seja corrigida.

A Categoria 3 é indicada para situações com risco elevado, em que já existe a possibilidade de lesões graves, mas a redundância e o diagnóstico parcial são suficientes para manter a segurança.

Categoria 4: A Categoria 4 representa o nível máximo de segurança exigido para sistemas de controle relacionados à segurança de máquinas e equipamentos. Essa categoria é aplicada quando a análise de risco identifica que uma falha no

sistema pode resultar em acidentes graves, como amputações, mutilações ou morte do trabalhador.

Um sistema projetado de acordo com a Categoria 4 precisa possuir uma série de requisitos rigorosos. O primeiro deles é a redundância completa: isso significa que a função de segurança deve ser executada por dois ou mais canais independentes, de modo que, se um deles falhar, o outro continue garantindo a proteção. Isso evita que uma única falha cause a perda da função de segurança.

Além disso, o sistema deve contar com diagnóstico contínuo, ou seja, ele deve ser capaz de detectar falhas automaticamente e em tempo real. Diferentemente de sistemas que testam apenas em determinados momentos (como na partida ou parada da máquina), a Categoria 4 exige que o sistema seja capaz de monitorar o próprio funcionamento durante toda a operação. Caso uma falha seja detectada, o sistema deve entrar imediatamente em condição segura, impedindo que a máquina opere de forma perigosa.

Outro método bastante utilizado para definir níveis de segurança em equipamentos é o método HRN (*Hazard Rating Number*) que está alinhado com os termos da NR-12. Esse método tem como finalidade atribuir um valor numérico ao risco existente, de modo a possibilitar a análise quantitativa da severidade da exposição do trabalhador a determinado perigo. O cálculo do HRN é realizado através da equação 1:

$$\text{HRN} = \text{PE} \times \text{FE} \times \text{GPD} \times \text{NP} \quad (1)$$

onde :

- PE (Possibilidade de Exposição) corresponde à probabilidade de o trabalhador estar exposto ao risco;
- FE (Frequência de Exposição) indica o tempo ou a quantidade de vezes que essa exposição pode ocorrer;
- GPD (Grau do Possível Dano) representa a gravidade das consequências caso o acidente aconteça;
- NP (Número de Pessoas) considera quantos trabalhadores podem estar expostos simultaneamente ao mesmo risco.

O valor obtido pelo cálculo permite enquadrar o risco em categorias, que podem variar de baixo até intolerável, orientando assim a tomada de decisões quanto às medidas de proteção a serem implementadas

- Probabilidade de exposição à situação perigosa (PE) pontuado conforme dados da quadro 1:

Probabilidade de Exposição	
Quase impossível	0,033
Altamente improvável	1
Improvável	1,5
Possível	2
Alguma chance	5
Provável	8
Muito Provável	10
Certo	15

**Fonte:** Adaptado de Steel, 1990, p. 20.

**Quadro 1** - Probabilidade de exposição

Frequência de exposição pontuada conforme Quadro 2:

Frequência de Exposição (FE)	
Anualmente	0,5
Mensalmente	1
Semanalmente	1,5
Diariamente	2,5
Em termos de hora	4
Constante	5

**Fonte :** Adaptado de Steel, 1990, p. 20

**Quadro 2** - Frequência de exposição

- Probabilidade máxima de perda (GPD – Grau de Possíveis Danos) pontuada conforme quadro 3.

Grau de Possíveis Danos (GPD)	
Arranhão / Contusão leve	0,1
Dilaceração / Doenças moderadas	0,5
Fratura / Enfermidade leve	2
Fratura / Enfermidade grave	4
Perda de um membro / olho	6
Perda de dois membros / olhos	10
Fatalidade	15

**Fonte :** Steel, 1990, p. 20

**Quadro 3 -** Grau de Possíveis Danos

- Número de pessoas expostas (NP), pontuada conforme quadro 4.

Número de Pessoas Expostas (NP)	
1-2 pessoas	1
3-7 pessoas	2
8-15 pessoas	4
16-50 pessoas	8
Mais que 50 pessoas	12

**Fonte :** Steel, 1990, p. 20

**Quadro 4 -** Número de Pessoas Expostas

O resultado da multiplicação dos valores definirá o grau de risco. Os valores resultarão na classificação conforme quadro 5.

Valor do HRN Classificação	
0-1	Aceitável
01_05	Muito Baixo
05_10	Baixo
10_50	Significante
50_100	Alto
100_500	Muito Alto
500_1000	Extremo
>1000	Inaceitável

**Fonte :** Steel, 1990, p. 20

**Quadro 5 - Valor do HRN Classificação**

Há também a categoria de risco, a qual pode ser visualizada no quadro abaixo, dependendo dos resultados obtidos na aplicação do método de classificação HRN.

DEFINIÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO	
Até Risco Baixo	Mínimo Categoria 1
Risco Significante	Mínimo Categoria 2
Risco Alto em diante	Mínimo Categoria 3 ou 4

**Fonte :** Steel, 1990, p. 21

**Quadro 6 - Definição da categoria de risco**

#### 4.1 Utilização PLC SAFETY :

Atendendo os quesitos da NR-12 e as categorias 3 e 4, referente aos sinais de segurança, temos os PLC's de segurança, conhecidos como PLC *Safety* que é um controlador lógico programável projetado especificamente para executar funções de segurança, de acordo com os requisitos das normas ISO 13849-1 e IEC 62061.

Diferente de um PLC comum, o PLC de segurança possui hardware e software certificados para garantir níveis elevados de integridade e confiabilidade. Ele é capaz de detectar falhas automaticamente, agir de forma segura diante de problemas e manter a função de segurança ativa mesmo em situações adversas.

Esses PLCs são usados para controlar funções críticas de segurança, como parada de emergência, monitoramento de barreiras de proteção, controle de portas com dispositivos de intertravamento, sistemas de comando bimanual e supervisão de parâmetros seguros da máquina.

Para atender aos requisitos da NR-12, o PLC dedicado deve possuir características como redundância interna, autodiagnóstico contínuo e tempo de resposta rápido, garantindo que qualquer falha seja detectada imediatamente e que o sistema entre em estado seguro sem colocar em risco a integridade do trabalhador.

A necessidade de criação do PLC *Safety* surgiu a partir da crescente demanda por maiores níveis de segurança nas máquinas e processos industriais, principalmente para proteger a integridade física dos trabalhadores diante dos riscos presentes no ambiente fabril.

Antes da popularização dos PLCs de segurança, os sistemas de proteção das máquinas eram geralmente compostos por relés eletromecânicos e dispositivos isolados, que ofereciam uma resposta limitada, pouco flexível e sem diagnósticos automáticos. Esses sistemas eram mais difíceis de manter, testar e adaptar, além de apresentarem maior risco de falhas que podiam causar acidentes graves.

Com a evolução da automação industrial e o aumento da complexidade das máquinas, tornou-se evidente a necessidade de sistemas que não apenas controlassem as máquinas, mas que também fossem capazes de:

- Detectar falhas em tempo real, garantindo a parada segura da máquina assim que um problema fosse identificado;
- Manter a função de segurança mesmo na presença de falhas, através de arquiteturas redundantes e lógicas avançadas;
- Garantir conformidade com normas internacionais de segurança funcional, como a IEC 61508, IEC 62061 e ISO 13849-1, que estabeleceram critérios claros para níveis de integridade de segurança (SIL) e performance levels (PL);
- Proporcionar maior flexibilidade e facilidade de integração com sistemas modernos de automação, mantendo altos padrões de segurança.

Assim, o PLC *Safety* foi criado para suprir essa necessidade, oferecendo um sistema de controle que alia a programabilidade e flexibilidade dos PLCs tradicionais com características essenciais de segurança funcional, como diagnósticos contínuos, redundância, resposta rápida e certificação formal.

Dessa forma, o PLC *Safety* passou a ser fundamental para garantir a segurança dos operadores, reduzir riscos de acidentes graves e permitir que as indústrias cumpram rigorosamente normas como a NR-12, evitando prejuízos humanos e financeiros

. Além disso, esses controladores contam com entradas e saídas específicas para sinais de segurança, lógica interna redundante e comunicação segura com outros dispositivos, utilizando protocolos como PROFIsafe ou *Safety over EtherCAT*. O software utilizado nesses PLCs é protegido contra modificações não autorizadas e desenvolvido para cumprir padrões rigorosos de segurança funcional.

O uso do PLC dedicado é fundamental para máquinas que apresentam riscos moderados a elevados, pois ele assegura que as funções de proteção sejam executadas com confiabilidade máxima, evitando acidentes graves.

Existem duas formas de classificação dos níveis de segurança são eles: PL (Performance Level) e SIL (*Safety Integrity Level*), que são exigidos para sistemas de controle em máquinas e processos industriais, garantindo que eles atuem de forma confiável para proteger pessoas contra riscos.

O PL é definido pela norma ISO 13849-1 e é usado principalmente na área de máquinas e equipamentos industriais. Ele classifica o desempenho dos sistemas de segurança em níveis que vão de PL a (menor nível) até PL e (mais alto). A escolha do PL necessário depende da gravidade do possível acidente, da frequência de exposição ao risco e da possibilidade de o operador evitar o perigo. Quanto maior o risco, maior o PL exigido.

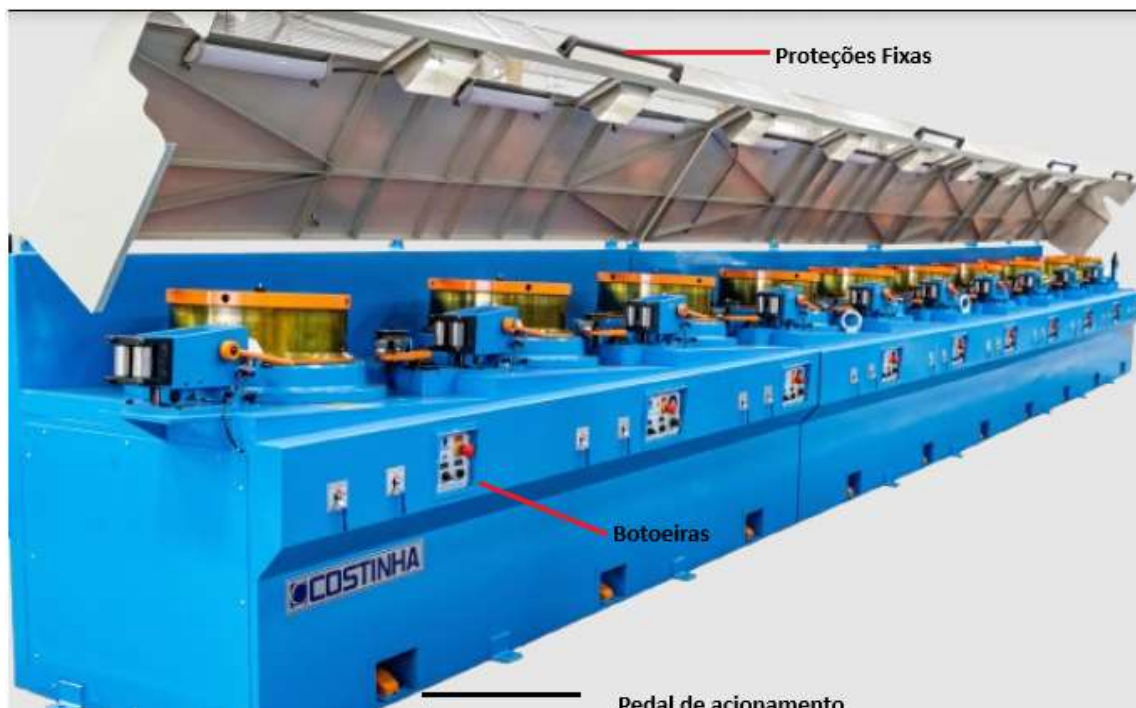
Já o SIL é definido pelas normas IEC 61508 e IEC 62061 e é mais aplicado em processos industriais complexos, como petroquímica e automação de plantas. O SIL mede a confiabilidade do sistema em termos quantitativos, dividindo os níveis de segurança em SIL 1 a SIL 4, sendo SIL 4 o mais rigoroso. O SIL indica a probabilidade de falha do sistema de segurança, onde níveis maiores indicam menores probabilidades de falha.

Ambos, PL e SIL, têm o objetivo de garantir que o sistema de segurança seja adequado ao risco da aplicação, mas diferem na forma de cálculo e na aplicação. A NR-12 aceita o uso de ambos os conceitos, desde que a análise de risco seja feita corretamente para determinar o nível necessário.

## 5. Metodologia

Neste item serão descritas e apresentadas as informações referentes à metodologia aplicada neste trabalho, contemplando os procedimentos, técnicas e instrumentos utilizados ao longo do estudo. A metodologia tem como finalidade garantir a coerência entre os objetivos propostos e os resultados alcançados, assegurando a confiabilidade e a validade das análises realizadas. O presente estudo aborda o funcionamento de uma máquina de trefilação, destacando seus principais componentes, etapas operacionais e sistemas de segurança envolvidos no processo. Além disso, são apresentados os métodos empregados para a adequação do equipamento às exigências da Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12).

### 5.1 Modelo de Máquina de trefilação :



**Fonte :** Costinha Equipamentos para Arames, Barras e Tubos

**Imagem 1 -** Máquina de trefilação

A máquina de trefilação é composta por blocos de acionamentos rotativos que realizam a tração do arame com a finalidade de redução do seu diâmetro. A mesma é equipada com dispositivos de comando dispostos em sua botoeira, incluindo botões

de liga, desliga e emergência. Além disso, estão disponíveis pedais de JOG, os quais permitem o avanço controlado do arame em operações de ajuste ou manutenção.

No entanto, observa-se que a proteção existente restringe-se apenas às grades de proteção fixas, que, apesar de possuírem função relevante na restrição ao acesso direto às partes móveis da máquina, não garantem integralmente a eliminação dos riscos. Isso ocorre porque proteções fixas, por si só, não contemplam cenários de falha operacional, acesso não autorizado ou situações em que haja necessidade de intervenção direta do operador para regulação ou correção do processo.

Na imagem apresentada, ao se acionar o botão liga ou o pedal de jog — sendo o botão localizado na botoeira de acionamento na parte frontal do equipamento e o pedal de jog na parte inferior — é enviado um sinal elétrico para a entrada do CLP. O CLP, por sua vez, processa esse comando conforme sua lógica programada, verificando condições de segurança e permissivos de operação antes de liberar o acionamento.

Uma vez atendidas as condições, o CLP envia um sinal de saída que pode ser destinado a um contator ou a um inversor de frequência.

- Quando direcionado ao contator, a bobina é energizada e os contatos principais fecham, permitindo a alimentação direta do motor.
- Quando direcionado ao inversor, este recebe o comando de habilitação e, a partir disso, controla a tensão e a frequência fornecidas ao motor, possibilitando ajustes de velocidade, rampas de aceleração/desaceleração e proteção adicional contra sobrecarga.

Ao se realizar o cálculo de HRN do equipamento descrito acima, será levado em conta os dados obtidos em uma pesquisa realizada numa empresa metalúrgica localizada na Zona da Mata Mineira, que possui um equipamento responsável pelo processo de trefilação, semelhante ao apresentado aqui. Um operador atua diretamente na operação do equipamento durante sua jornada de trabalho, permanecendo em contato com a máquina por aproximadamente 7 horas diárias, sendo responsável não apenas pelo acionamento, mas também por realizar ajustes, inspeções de rotina e reparos corretivos sempre que necessário.

Cálculo HRN Máquina de Trefilar	
Probabilidade de Exposição	5
Frequência de Exposição	4
Grau de Possíveis Danos	6
Número de Pessoas Expostas	1
Resultado	120

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2025)

**Quadro 7 - Cálculo Máquina de Trefilar**

Utilizando os dados levantados da pesquisa e aplicando os cálculos da Equação 1, foi obtido o valor de 120, conforme descrito no Quadro 7. Com isso, deve-se observar os parâmetros estabelecidos no Quadro 5, onde é considerado como risco muito alto todo valor de HRN que se enquadre nesta faixa.

Essa classificação indica que o equipamento, em sua condição atual de operação, apresenta níveis de perigo inaceitáveis, exigindo a adoção imediata de medidas corretivas e preventivas.

Uma das ações a serem tomadas seria a utilização de um plc de segurança dedicado à redução dos riscos que o operador estará exposto durante sua jornada de trabalho.

## **5.2 Comando Bi-manual :**

Um dos relatos ouvidos durante pesquisa foi o do acionamento no pedal de jog, onde o operador do equipamento poderia acionar o pedal com os pés ficando com as mãos livres e expostas gerando um risco em potencial para cortes ao se acionar o motor do bloco. Uma solução proposta foi a utilização de comandos bi-manuais onde para o acionamento do comando jog o operador deverá utilizar as duas mãos para se realizar o acionamento do motor, retirando assim um dos riscos potenciais.

Ao se realizar o acionamento dos botões será enviado um sinal de comando ao PLC Safety responsável pela monitoração de segurança, impedindo que ao se acionar somente um botão seja acionado o motor. Sendo necessário o acionamento simultâneo dos dois botões visto que o PLC Safety conta com a monitoração do tempo

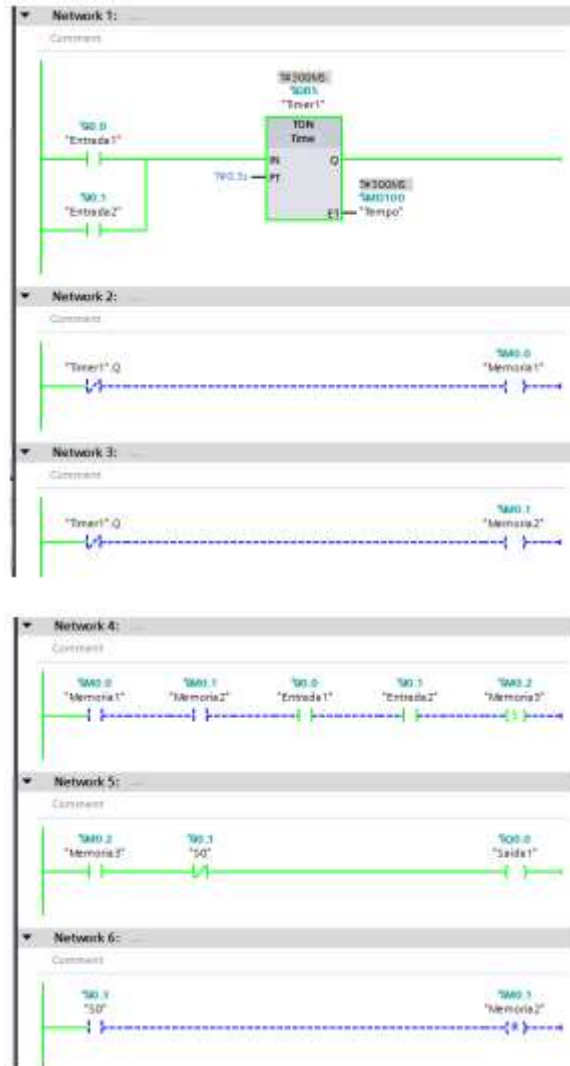
de acionamento dos comandos, impedindo que seja acionado um botão e após um tempo outro botão, caso isso venha a ocorrer o comando não será executado.



**Fonte :** Weg Comando Bimanual

**Figura 2 -** Acionamento Bi-Manual

A figura 2 representa um acionamento bi-manual em linguagem ladder que conta com um temporizado e dois comandos elétricos para seu acionamento onde após alguns segundos de acionamento simultâneo será alterado o contato do timer que aciona uma memória que está em série com os contatos dos botões que em série são responsáveis pelo acionamento da saída 1. Garantindo o acionamento seguro de uma saída pilotada por um comando de bimanual. Sendo a entrada 3 responsável pelo “reset” da saídas, retornando ao estado original, como pode ser observado no diagrama em ladder na figura 3.



Fonte : Minipa do Brasil,2017,p. 9

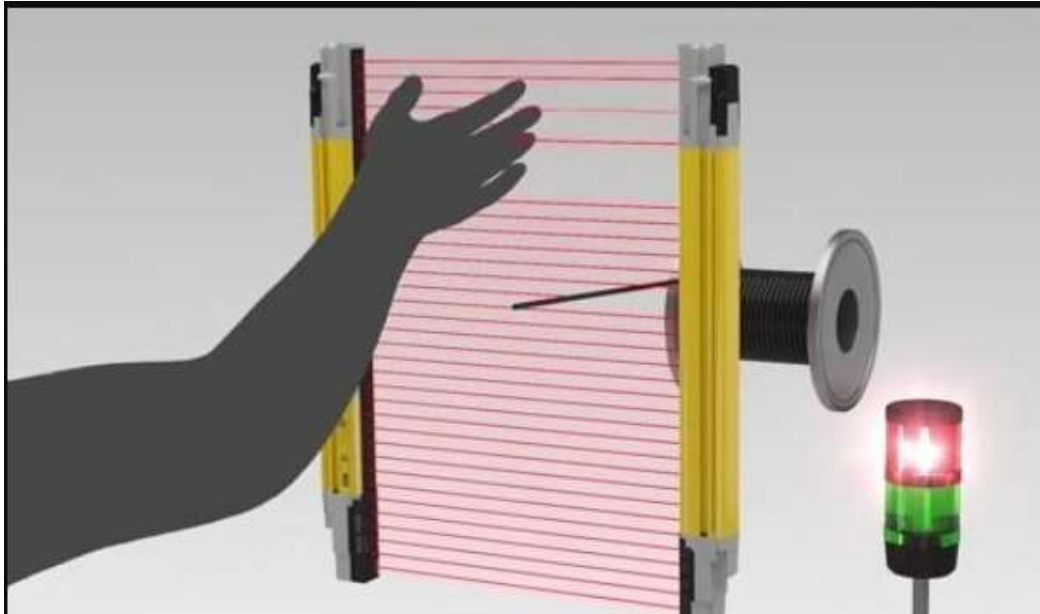
Figura 3 - Diagrama ladder Bi-manual

### 5.3 Barreiras de luz :

A aplicação de barreiras de luz nos desenroladores constitui um elemento indispensável para a segurança operacional, especialmente por se tratar de uma das etapas em que o arame permanece exposto de forma contínua durante o processo de trefilação. Essa exposição constante representa um ponto crítico de risco, uma vez que o operador pode necessitar realizar intervenções para ajuste, alimentação ou correção do material, o que aumenta a probabilidade de contato com partes móveis.

O sistema de barreira de luz atua por meio de sensores ópticos, compostos por um emissor e um receptor posicionados de forma alinhada. O emissor envia feixes luminosos infravermelhos ao receptor, que permanece em monitoramento contínuo. Quando qualquer objeto — como parte do corpo do operador ou ferramenta —

interrompe o feixe, o sistema detecta a variação no sinal recebido e aciona automaticamente o circuito de segurança, abrindo-o de imediato. Essa ação interrompe o funcionamento do equipamento, enviando um sinal elétrico ao PLC de segurança, responsável por executar a parada controlada da máquina.



Fonte : NR-12 Sem segredos

Figura 4 - Barreiras de luz

#### 5.4 Monitorização das grades :

Um dos riscos mais críticos identificados no processo produtivo refere-se à possibilidade de acionamento dos blocos de máquina com as grades de proteção abertas. Tal condição expõe o operador a movimentos inesperados dos equipamentos, aumentando significativamente a probabilidade de ocorrência de acidentes graves ou até mesmo fatais. Esse tipo de falha pode ser decorrente, por exemplo, de um comando externo acidental proveniente de outro operador ou de falhas em sistemas de comando não monitorados.

Com o intuito de mitigar esse risco, a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) estabelece diretrizes específicas relacionadas à proteção de máquinas e equipamentos, exigindo que os dispositivos de segurança sejam capazes de impedir o funcionamento em condições inseguras. Nesse contexto, uma solução tecnicamente adequada é a instalação de sensores de monitoramento de portas e grades de

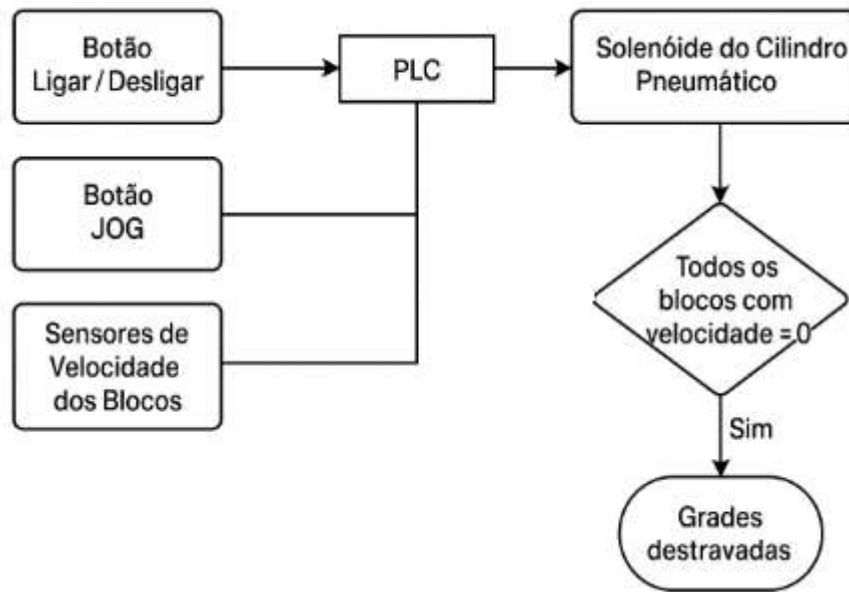
proteção, que enviam sinais para um Controlador Lógico Programável de Segurança (PLC *Safety*).

Esse controlador, por sua vez, é responsável por interromper de forma imediata a alimentação dos contatores de acionamento ou dos inversores sempre que a porta de acesso estiver aberta, impossibilitando o funcionamento da máquina por comandos externos.

Para aumentar a segurança operacional do equipamento, propõe-se a instalação de um cilindro pneumático destinado ao travamento das grades de proteção durante a operação. Esta medida visa atender aos requisitos da NR-12, garantindo que o acesso às áreas de risco seja impedido enquanto os componentes da máquina estiverem em funcionamento.

O sistema será integrado ao PLC da máquina, sendo necessária a implementação de saídas lógicas capazes de monitorar o estado operacional do equipamento. O funcionamento do sistema consiste basicamente em: ao ligar o equipamento ou acionar o modo JOG nos blocos de trefilação, o PLC envia um sinal à solenóide do cilindro pneumático, promovendo o travamento imediato dos blocos e impedindo a abertura das grades de proteção.

Além disso, será implementado um monitoramento contínuo dos inversores de frequência, de modo a verificar a velocidade dos blocos de trefilação. O destravamento das portas só ocorrerá quando todos os blocos estiverem com velocidade igual a zero, assegurando que o acesso às áreas de risco seja permitido apenas em condições seguras, como pode ser observado na figura 5.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

**Figura 5** - Fluxograma travamento das grades

### 5.5 Inversores de Frequência :

Há também a possibilidade de instalação de inversores de frequência, que permitem monitorar de forma contínua o torque aplicado no motor e sua velocidade de operação. Ao identificar qualquer falha mecânica como travamento de blocos, quebras de correias de transmissão mecânicas, rolamentos do motor danificados, o inversor aciona uma condição de falha, deixando o equipamento inerte, o que garante a integridade não apenas do próprio equipamento — prolongando sua vida útil —, mas também do operador, pois falhas desse tipo podem resultar na projeção de materiais provenientes dos blocos, representando risco de lesões graves.

Outro ponto relevante é que, com a adição dos inversores de frequência ao sistema de controle da máquina, torna-se possível eliminar a necessidade de contadores de potência tradicionais, cujos contatos elétricos, com o tempo, podem se deteriorar e colar. Esse fenômeno pode fazer com que a máquina ligue de maneira involuntária, independentemente da emissão de um comando elétrico.

## 5.6 Bloqueio de Energias :

Um dos métodos mais eficazes e seguros, após a implementação dos sistemas elétricos, consiste na adoção de procedimentos específicos em conformidade com a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), com destaque para as práticas de bloqueio de fontes de energia perigosas. O bloqueio, seja de origem elétrica ou mecânica, deve ser realizado exclusivamente por profissionais legalmente habilitados e devidamente capacitados, assegurando a integridade das operações.

A inclusão de procedimentos formais de bloqueio está em consonância com o disposto no item 12.11.3 da NR-12, que determina:

“Bloqueio mecânico e elétrico na posição ‘desligado’ ou ‘fechado’ de todos os dispositivos de corte de fontes de energia, a fim de impedir a reenergização, e sinalização com cartão ou etiqueta de bloqueio contendo o horário e a data do bloqueio, o motivo da manutenção e o nome do responsável” (BRASIL, 2019).

O método de desenergização e bloqueio torna-se ainda mais eficaz quando acompanhado da verificação da inexistência de energia residual, a fim de evitar choques elétricos ou acionamentos inesperados de componentes. Essa etapa é essencial, pois mesmo após o desligamento e o bloqueio formal da fonte principal, ainda podem permanecer cargas residuais em capacitores, cabos, sistemas hidráulicos ou pneumáticos, capazes de gerar riscos aos trabalhadores.

Assim, a descarga segura dessas energias remanescentes deve ser realizada por meio de procedimentos técnicos previamente estabelecidos e documentados, garantindo que não haja possibilidade de reenergização acidental ou manutenção de tensões perigosas. Além disso, recomenda-se a utilização de instrumentos de medição adequados e calibrados para confirmar a ausência de tensão antes de qualquer intervenção.

Essa prática, além de estar alinhada ao conceito de bloqueio e etiquetagem (Lockout/Tagout – LOTO), reforça os requisitos do item 12.11 da NR-12, que determina o isolamento completo das fontes de energia e a adoção de medidas que assegurem condições seguras de trabalho durante manutenções, inspeções e reparo



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2025)

**Figura 6** – Fluxograma de bloqueio

## 6. Resultados e Discussão:

Ao aplicar métodos de prevenção fundamentados em análises de risco previamente elaboradas, observa-se uma redução significativa na exposição dos trabalhadores a condições perigosas durante suas atividades laborais. Esse resultado é fruto da adoção sistemática de práticas preventivas e do uso de tecnologias avançadas voltadas à segurança operacional, que vêm transformando o cenário industrial contemporâneo.

O processo produtivo, nesse contexto, torna-se progressivamente mais seguro em função do expressivo avanço tecnológico das últimas décadas — sendo a evolução da eletrônica e da automação um dos principais fatores responsáveis por essa transformação. O desenvolvimento de sistemas automatizados e dispositivos eletrônicos de controle e monitoramento introduziu um novo paradigma na segurança industrial, no qual a prevenção de acidentes é incorporada diretamente às etapas do processo produtivo.

Essa integração permite que segurança e produtividade coexistam de forma harmônica, estabelecendo uma relação de interdependência na qual uma reforça a outra. Assim, a segurança deixa de ser vista como um fator limitante e passa a se consolidar como um elemento estratégico para o aumento da confiabilidade e da

eficiência dos sistemas de produção. Diante do aumento dos riscos ocupacionais, tornou-se essencial criar diretrizes legais que assegurassem condições mínimas de segurança. As Normas Regulamentadoras (NRs) surgiram como instrumentos complementares à CLT, definindo procedimentos obrigatórios para empregadores e empregados..

No caso específico da máquina de trefilação, verifica-se uma redução expressiva no grau de risco ao qual o colaborador está exposto, uma vez que ele passa a atuar fora da zona classificada como perigosa, operando apenas em áreas seguras e controladas. A implementação de sensores de segurança, barreiras de luz, sistemas de intertravamento e comandos bimanuais aumenta substancialmente a confiabilidade do processo, minimizando a probabilidade de acidentes decorrentes de falhas humanas ou mecânicas.

Com a adoção dessas medidas, constatou-se uma redução significativa no nível de severidade dos possíveis danos, conforme apresentado no Quadro 2, passando de um valor de 6 para 2. Essa diminuição impacta diretamente na classificação de risco do equipamento, que deixa de ser considerada de alto risco para se enquadrar como risco significativo — evidenciando a eficácia das ações corretivas e preventivas implementadas.

De forma semelhante, observa-se uma queda na probabilidade de exposição do operador aos riscos, que reduziu de 5 para 2 após a aplicação das medidas de segurança. Essa variação representa a transição de uma condição classificada como “alguma chance” de ocorrência de acidentes para um nível considerado apenas “possível”, comprovando a efetividade dos sistemas instalados.

Como consequência dessas reduções, verifica-se também uma alteração na categoria de segurança do sistema, que anteriormente poderia ser classificada como Categoria 3, passando agora para Categoria 2, conforme os parâmetros estabelecidos no Quadro 6. Essa nova classificação confirma as melhorias implementadas, demonstrando que as ações adotadas, como o reposicionamento dos dispositivos de segurança, a inclusão de intertravamentos, o uso de lógica programável redundante e a capacitação contínua dos operadores, foram determinantes para a mitigação dos riscos e o aumento do nível de segurança operacional da máquina de trefilar.

Dessa forma, conclui-se que o conjunto de ações e aprimoramentos técnicos aplicados resultou em uma redução mensurável e comprovada no índice HRN (*Hazard Rating Number*), tornando o processo produtivo mais seguro e plenamente alinhado

às exigências das normas regulamentadoras, em especial a NR-12, que define os parâmetros de proteção aos trabalhadores na operação de máquinas e equipamentos.

Cálculo HRN Máquina de Trefilar	
Probabilidade de Exposição	2
Frequência de Exposição	4
Grau de Possíveis Danos	2
Número de Pessoas Expostas	1
Resultado	16

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2025)

**Quadro 8 - Aplicação HRN**

## 7. Conclusão :

Com base na análise realizada, constata-se que o avanço tecnológico e o aumento da produção industrial tornaram indispensável a adoção de medidas efetivas voltadas à segurança dos trabalhadores. O crescimento da presença da indústria no mercado global exige não apenas eficiência produtiva, mas também um compromisso sólido com a integridade física e a saúde ocupacional dos colaboradores.

A implementação das Normas Regulamentadoras, aliada ao desenvolvimento tecnológico, mostrou-se fundamental para a redução dos índices de acidentes de trabalho, tanto no Brasil quanto em âmbito internacional. A aplicação de soluções automatizadas em equipamentos de trefilação evidencia de forma clara os benefícios da integração entre automação e segurança, resultando em ambientes industriais mais protegidos, eficientes e sustentáveis.

Nesse contexto, destaca-se a relevância do método de cálculo HRN (Hazard Rating Number) na análise e verificação dos riscos operacionais. Essa metodologia possibilita quantificar o nível de risco em cada etapa do processo, considerando fatores como frequência de exposição, probabilidade de ocorrência e gravidade das consequências. Assim, o HRN consolida-se como uma ferramenta essencial para a identificação de pontos críticos, auxiliando na priorização de medidas corretivas e na implementação de soluções que assegurem a integridade do operador e a confiabilidade do equipamento.

Essas práticas fortalecem o princípio de que a produtividade deve caminhar lado a lado com a proteção da vida humana, garantindo que o trabalhador desempenhe suas atividades em condições seguras e retorne para casa com sua saúde preservada.

Por fim, ressalta-se que o aprimoramento contínuo do conhecimento técnico e a busca constante por inovações em automação e segurança constituem um processo permanente. Através da pesquisa e da aplicação de novas tecnologias, é possível alcançar níveis cada vez mais elevados de segurança, eficiência e responsabilidade social, reafirmando o compromisso das empresas com o bem-estar de seus profissionais e a sustentabilidade do ambiente industrial.

## REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Normas Regulamentadoras – NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos*. Brasília: MTE, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego>. Acesso em: 10 abr. 2025.

FUNDACENTRO. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. *Acidentes de trabalho e políticas de prevenção*. São Paulo: Fundacentro, 2023.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). *IEC 62061: Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*. Geneva: IEC, 2021.

MINIPA DO BRASIL LTDA. *Manual Técnico CLP S7-1200 Siemens*. São Paulo: Minipa, 2017.

NR12 SEM SEGREDOS. *Barreira óptica para NR12*. Disponível em: <https://www.nr12semsegredos.com.br/barreira-optica-para-nr12/>. Acesso em: 05 jun. 2025.

OBSERVATÓRIO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO. *Acidentes de trabalho no Brasil (2011–2022)*. Brasília: SmartLab/Fundacentro/MPT, 2023. Disponível em: <https://observatoriosst.mpt.mp.br/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

STEEL, Chris. *Risk Estimation Techniques*. The Safety & Health Practitioner, 1990.

REVISTA CIPA & INCÊNDIO. *40 anos de prevenção: 8 milhões de acidentes evitados depois das NRs*. Disponível em: <https://revistacipa.com.br/40-anos-de-prevencao-8-milhoes-de-acidentes-evitados-depois-das-nrs/>. Acesso em: 05 jun. 2025.

GOVASKI, Jodé Odair. *Proposta de adequação de uma prensa hidráulica à NR12*. Horizontina: Universidade Federal Fronteira Sul, 2014.

CONTROL.COM. *CLP de segurança*. Disponível em: <https://control.com/technical-articles/what-is-a-safety-plc/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

ISO. *ISO 13849-1:2023 Segurança de máquinas*. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/73481.html>. Acesso em: 20 maio 2025.

COELHO JUNIOR, Averaldo; SOUZA, Mikael Moraes de; SANTOS, Leon Denis Rodrigues dos. *A importância da NR-12: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos*. Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza, nº. 000144, 21 nov. 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/importancia-da-nr12->

[seguranca-em-maquinas-e-equipamentos-em-injetoras-horizontais-de](#). Acesso em: 29 out. 2025.

A adequação de máquinas à NR12 e as categorias de segurança”. *SafetySolution.com.br*, 21 nov. 2018. Disponível em: <https://safetysolution.com.br/nr-12-maquina-segura-e-assunto-serio/>. Acesso em: 29 out. 2025.

Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction.” ISO 12100:2010. Genève: International Organization for Standardization, 2010. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/51528.html>. Acesso em: 09 out. 2025.

“Processo de trefilação a frio de fio de aço de corte livre.” *WIHO Industrial*, 2019. Disponível em: <https://wihometals.com/pt/cold-drawing-process-of-free-cutting-steel-wire/>. Acesso em: 09 out. 2025.

NASCIMENTO Júnior, Geraldo Carvalho do. *Comandos Elétricos: teoria e atividades*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018. ISBN 978-8536527840.

OLIVEIRA, André Barros de Mello. *Comandos Elétricos: fundamentos para o ensino técnico*. 1. ed. São Paulo: Appris, 2024. ISBN 978-6525065618.

WEG. *Two-Hand Control / Comando Bimanual*. Jaraguá do Sul: WEG S.A., [s.d.]. Disponível em: [https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriais-e-Fontes-de-Alimenta%C3%A7%C3%A3o/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas/Comando-Bimanual/Comando-Bimanual/p/MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_PRODUCT\\_SAFETY\\_TWO\\_HAND\\_CONTROL](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriais-e-Fontes-de-Alimenta%C3%A7%C3%A3o/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas/Comando-Bimanual/Comando-Bimanual/p/MKT_WDC_BRAZIL_PRODUCT_SAFETY_TWO_HAND_CONTROL). Acesso em: 30 out. 2025.

REDAÇÃO. *Os dispositivos de comando bimanual para a segurança das máquinas*. Revista AD Normas, 23 abr. 2024. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2024/04/23/os-dispositivos-de-comando-bimanual-para-a-seguranca-das-maquinas>. Acesso em: 30 out. 2025.

COSTINHA. *Arames – Trefilas Contínuas*. Indústria Metalúrgica Costinha. Disponível em: <https://costinha.com.br/produtos/arames/trefilas-continuas/>. Acesso em: 01 out. 2025.