

## **ANÁLISE DE ADEQUAÇÃO À NR-12 APLICADA A UM TORNO CONVENCIONAL COM ÊNFASE AOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO**

**João Vitor de Souza Ronchi <sup>1</sup>**

**Franciele Peruchi Ronchi <sup>2</sup>**

**Resumo:** O número crescente de acidentes de trabalho, associado ao baixo nível de segurança dos equipamentos, tem se tornado frequente principalmente nos ambientes industriais. Neste contexto, a norma NR-12 trata das diretrizes para o estabelecimento de medidas que protegem a integridade física dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos de segurança nos maquinários industriais. Um dos equipamentos mais tradicionais e com ampla utilização na indústria são os tornos convencionais. Desta forma, o presente trabalho faz a análise da adequação de um torno convencional aos parâmetros da norma, apresentando principalmente a relação entre a engenharia aplicada em itens de automação e a segurança de máquinas. Analisando os itens utilizados e a função exercida por cada um destes, obtiveram-se resultados que comprovam o aprimoramento da adequação e a melhoria dos níveis seguros de trabalho necessários

**Palavras-chave:** Adequação NR-12; Automação; Torno convencional; Segurança.

### **1 INTRODUÇÃO**

Anualmente são contabilizados inúmeros acidentes de trabalho envolvendo o manuseio de máquinas e equipamentos. Por diversas vezes essas ocorrências se dão pela incoerência das adequações estabelecidas pelas normas regulamentadoras. De acordo com o anuário brasileiro de proteção, no ano de 2020 o Brasil contava com um total de 9.685.401 trabalhadores, onde foram registrados 129.516 acidentes por motivos típicos, ou seja, que ocorrem na execução do trabalho.

NR-12 – Segurança do Trabalho em Máquinas e equipamentos – é a norma regulamentadora que compõe as diretrizes para o estabelecimento de medidas que protegem a integridade física dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos para adequação das máquinas mediante as normativas.

Atualmente, de acordo com o item 12.1.7 da Portaria SEPRT nº 916, de 30/07/2019, DOU 31/07/2019) “O empregador deve adotar medidas de proteção para

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica no semestre letivo de 2023. E-mail: joaaronchi@outlook.com

<sup>2</sup> Professora do Centro Universitário UniSATC E-mail: franciele.ronchi@satc.edu.br



o trabalho em máquinas e equipamentos, capazes de resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores.” Assim sendo, o estabelecimento da norma como à NR-12, permite o manejo dos maquinários de forma que os níveis de segurança do trabalhador sejam elevados a um patamar que esteja de acordo com os pontos exigidos pela lei.

Um dos equipamentos mais tradicionais e com ampla utilização na indústria são os tornos convencionais. Dentre suas aplicações, esses equipamentos são usados para confeccionar, reparar e dar acabamento em peças exigindo por muitas vezes o contato direto com o operador. Devido a essa interação frequente é necessário que equipamentos desta natureza sejam verificados e regularizados de forma minuciosa e precisa, evitando assim possíveis acidentes.

Com a forte escalada da automação industrial presente nas indústrias, predominantemente a partir da década de 50, os equipamentos voltados a segurança do maquinário e do operador sofreram avanços tecnológicos significativos. Portanto, em decorrência dessas evoluções, as exigências previstas em lei têm sido mais rigorosas, demandando que os equipamentos utilizados possuam um sistema de segurança aprimorado.

Contemporaneamente, é possível por meio destes dispositivos reduzir a necessidade da intervenção humana, minimizando os riscos de acidentes de trabalho. Além disso, a utilização de sensores, controladores lógicos programáveis (CLP), sistemas supervisórios e outras tecnologias avançadas permitem a detecção e correção de falhas em tempo real, aumentando a confiabilidade do equipamento e proporcionando um ambiente de trabalho seguro e produtivo.

Neste contexto, o principal objeto de estudo deste trabalho será a análise e a adequação de um torno convencional com ênfase na automação elétrica, conforme NR-12. Associado à esta verificação, também será apresentado uma sequência de passos, comumente chamada de *checklist*, que poderá ser adotado por uma fiscalização interna da própria empresa.

Desta forma, será possível analisar a implantação de equipamentos que monitoram os níveis de segurança da máquina, bem como o controle automatizado dos mecanismos presentes. Essa análise possibilitará a verificação da importância e a da necessidade a utilização de equipamentos da área elétrica para uma adequação conforme a NR-12.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SEGURANÇA DO TRABALHO

A partir de 1988 quando a Constituição Federal entrou em vigor, todas as leis relacionadas a segurança do trabalho entraram em pleno estabelecimento. Todas essas normas emanadas dos órgãos governamentais são chamadas de “leis”, decretos, regulamentos, regimentos internos, portarias, instruções e resoluções. A legislação Trabalhista e Previdenciária é a diretriz que busca por meio dessas normas garantir ao trabalhador um ambiente seguro e saudável (BARSANO, 2018).

É necessário salientar que o acidente de trabalho acontece quando a prevenção falha. Na atual conjuntura, as exigências criadas têm embasamento técnico levando em consideração inúmeros treinamentos e testes bem como acidentes envolvendo trabalhadores que serviram de aprendizado para a criação de tais regimentos. Esses acontecimentos geraram a necessidade da criação de comissões internas de prevenções de acidentes, comumente chamadas de (CIPA), que auxiliam no treinamento e capacitação dos empregados.

Segundo o Observatório SST somente em 2021, foram comunicados 571,8 mil acidentes e 2.487 relacionados ao trabalho, elevando 28% em comparação com o ano anterior. Ainda de acordo com estes estudos, a operação de máquinas e equipamentos é a maior causa de acidentes, representando 15% dos casos. Assim como ocorrido em anos anteriores esses acidentes envolvendo os maquinários resultaram em amputações e lesões 15 vezes mais do que as demais causas, como choques elétricos, intoxicações por gases ou vapores entre outras.

De acordo com Nery; et al. (2022), a persistência de acidentes, doenças e mortes no exercício do trabalho também pode ter relação com desigualdades socioeconômicas: por muitas vezes, a informalidade que acomete certos trabalhadores potencializa os riscos que poderiam ser evitados se compreendidos de forma plena mediante a lei.

#### **2.1.1 Norma Regulamentadora Nº 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**



No ano de 1978 foram aprovadas no Brasil as chamadas Normas Regulamentadoras, que competiam à Segurança e Medicina do Trabalho. Por ter amparo legal essas normas exigiam o cumprimento por parte das empresas. Inicialmente essas normas eram compostas por 28 tópicos, porém hoje com algumas adaptações e inclusões a norma compõe 37 itens (CHIBINSKI, 2011).

De acordo com o Ministério do Trabalho e Previdência, as Normas Regulamentadoras têm por objetivo apresentar obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores possibilitando um ambiente de trabalho seguro e saudável, buscando extinguir ao máximo a ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais. As NRs são elaboradas e revistas por membros de uma comissão que compõe integrantes da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e grupos representantes do governo, empregadores e funcionários.

Conforme dispõe a portaria Mtb nº 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis às diretrizes apresentadas nessa normativa estabelecem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e integridade física dos trabalhadores. Portanto, o estabelecimento de requisitos mínimos é fundamental para a prevenção de acidentes e mortes causadas nas fases de projeto e/ou utilização dos maquinários.

A Norma Regulamentadora aqui analisada, Nº 12, estabelece algumas medidas e procedimentos que possibilitam a proteção do operador, bem como do ambiente em que ele está trabalhando. Em conformidade com estas disposições, são alguns dos itens que amparam o trabalhador:

- 12.1.7 O empregador deve adotar medidas de proteção para o trabalho em máquinas e equipamentos, capazes de resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores.
- 12.2.2 A distância mínima entre máquinas, em conformidade com suas características e aplicações, deve resguardar a segurança dos trabalhadores durante sua operação, manutenção, ajuste, limpeza e inspeção, e permitir a movimentação dos segmentos corporais, em face da natureza da tarefa.

- 12.2.3 As áreas de circulação e armazenamento de materiais e os espaços em torno de máquinas devem ser projetados, dimensionados e mantidos de forma que os trabalhadores e os transportadores de materiais, mecanizados e manuais, movimentem-se com segurança.
- 12.5.1 As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardem proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

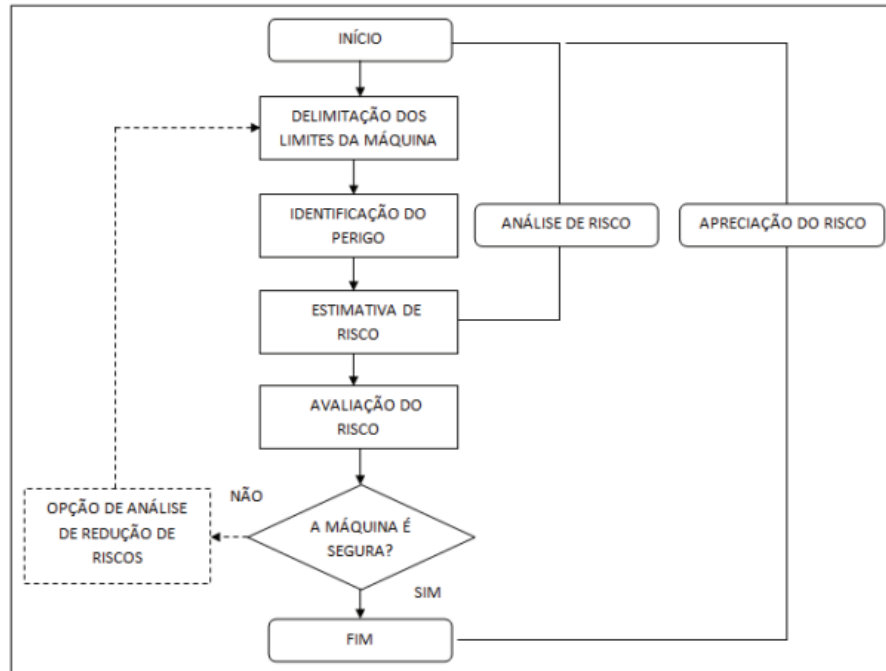
De forma geral, bem como os outros itens não mencionados o objetivo final é a prevalência da integridade física do trabalhador, anulando ao máximo os possíveis riscos presentes no ambiente de trabalho. Cada medida conta com sua particularidade dependendo do local de aplicação e equipamento adequado. Além das proteções mecânicas estruturais, as inovações tecnológicas na área da segurança estão facilitando a implantação dessas medidas, itens como sensores, cortinas de luz, chaves de intertravamento, controladores programáveis de segurança, entre outros.

## **2.2 Análise de risco**

A análise de risco é o primeiro fator a se levar em consideração na adequação do equipamento. De acordo com a NBR ISO 14153 de 2013, documento este que complementa e serve como amparo legal a Norma Regulamentadora N°12, existem princípios que propõe medidas para assegurar a integridade física dos trabalhadores. A análise de risco serve como orientação para que os projetistas possam estipular os sistemas de segurança necessários.

Na Fig. 1 abaixo pode-se observar temos um fluxograma da representação esquemática do processo de apreciação do risco. Este processo inclui além da apreciação, o passo de análise de redução de riscos que, se negativo, deve resultar na repetição do processo, objetivando ao final na melhoria do equipamento.

Figura 1 – Fluxograma da análise de risco.



Fonte: ABNT NBR ISO 14153 (2013)

### 2.2.1 Técnica de redução de riscos: *Hazard Rating Number*

A técnica de redução de riscos *Hazard Rating Number* (HRN), fornece um amplo conjunto de classificações de riscos priorizando as ações necessárias. Este método determina parâmetros, que resultam em um valor de risco para o equipamento. O método classifica os riscos de insignificantes à inaceitáveis, levando em consideração os seguintes critérios:

- a) Probabilidade de ocorrência (PE);
- b) Frequência de exposição (FE);
- c) Grau de possíveis danos (GPD);
- d) Número de pessoas expostas ao risco (NP).

Cada critério deste, é atribuído um valor de classificação conforme as tabelas abaixo:

Tabela 1: Probabilidade de ocorrência.

<b>Grau</b>	<b>Probabilidade de ocorrência (PE)</b>
0,033	Quase impossível
1	Altamente improvável
1,5	Improvável
2	Possível
5	Alguma chance
8	Provável
10	Muito provável
15	Certo

Fonte: ABNT NBR ISO 14153 (2013)

A probabilidade de ocorrência (PE): dimensiona a probabilidade de o dano considerado em função da exposição à máquina ocorrer, conforme a Tab. 1 acima.

Tabela 2: Frequência de exposição.

<b>Grau</b>	<b>Frequência de exposição (FE)</b>
0,1	Nunca
0,5	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de hora
5	Constantemente

Fonte: ABNT NBR ISO 14153 (2013)

A frequência de exposição (FE): remete a frequência de exposição ao risco dimensionadas conforme os critérios da Tab. 2 acima.

Tabela 3: Graus de possíveis danos.

<b>Grau</b>	<b>Grau de possíveis danos (GPD)</b>
15	Fatalidade
10	Perda de 2 membros – olhos ou doença séria
6	Perda de 1 membros – olhos ou doença séria (temporária)
4	Fratura grave ou doença secundária (permanente)
2	Fratura leve ou doença secundária (temporária)
0,5	Dilaceração / Doenças moderadas
0,1	Arranhão / Contusão leve

Fonte: ABNT NBR ISO 14153 (2013)

Grau de possíveis danos (GPD): apresenta a exposição ao perigo que o usuário está submetido, é necessário optar-se pela opção que apresenta o maior dano que possa ocorrer, conforme Tab. 3 acima.

Tabela 4: Número de pessoas expostas.

<b>Grau</b>	<b>Número de pessoas expostas (NP)</b>
1	1 a 2 pessoas
2	3 a 7 pessoas
4	8 a 15 pessoas
8	16 a 50 pessoas
12	Mais que 50 pessoas

Fonte: ABNT NBR ISO 14153 (2013)

Número de pessoas expostas (NP): determina o número de pessoas que estão expostas ao risco, uma das opções possíveis, conforme Tab. 4 acima.

Necessariamente após a seleção dos critérios apresentados nas tabelas o seguinte Eq. (1) deve ser utilizado:

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

Onde:

HRN = Hazard Rating Number (---);

PE = Probabilidade de ocorrência (---);

FE = Frequência de exposição (---);

GPD = Grupo de possíveis danos (---);

NP = Número de pessoas expostas (---).

O resultado apresentado após o cálculo da tabelas acima deve se encaixar em uma das opções apresentadas no Qd. 1 a seguir:

Os riscos apresentados requerem algumas medidas adicionais, sendo elas:

Risco desprezível: não apresenta maiores necessidades de ações adicionais.

Risco baixo, porém, significativo: requer medidas de proteções adicionais como utilização de EPI (Equipamento de proteção individual).

Risco alto: são necessárias medidas de controle de segurança implementadas à máquina pois apresenta risco a integridade dos operadores.

Risco inaceitável: é necessário a interrupção da operação do equipamento até que as medidas de segurança adotadas garantam a segurança total do equipamento.



Quadro 1: Classificação de riscos.

HRN	Risco	Classificação
0-5	Risco desprezível	Oferece um risco muito baixo para a segurança e saúde.
5-50	Risco baixo, porém, significativo	Contém riscos necessários para a implementação de medidas de controle de segurança.
50-500	Risco Alto	Oferece possíveis riscos, necessita a utilização de medidas de controle e segurança.
Acima de 500	Risco inaceitável	É inaceitável manter o funcionamento do equipamento na condição em que se encontra.

Fonte: Bonini (2001)

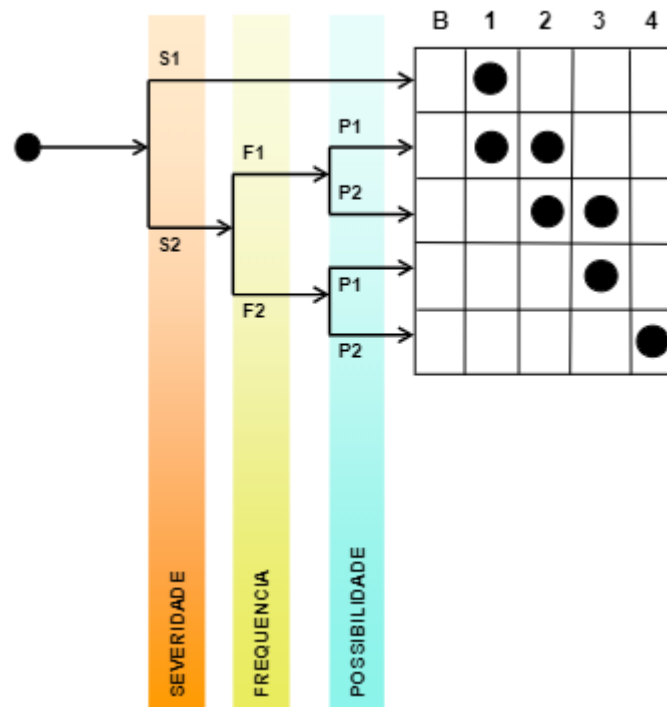
O HRN, primeiramente analisa os equipamentos conforme sua situação atual, após a análise, se necessário as adequações, o HRN é novamente implementado até o estabelecimento da segurança da máquina.

### 2.2.2 Categoria de proteção

Além da análise por meio do método *Hazard Rating Number* (HRN), é necessário, segundo à NR 12, determinar o nível de segurança do equipamento mediante a análise da categoria de proteção (ABNT NBR ISO 14153).

A Fig. 2 abaixo representa níveis de classificação determinantes para a elaboração da análise da categoria de proteção: para os parâmetros S, F e P mencionados na figura acima a norma exemplifica para dar embasamento ao projetista que irá determinar por meio da classificação o grau de proteção que o equipamento se encontra.

Figura 2 – Classificação das categorias de proteção.



Fonte: ABNT NBR ISO 14153 (2013)

**Severidade do ferimento S1 e S2** – Com base na NBR 14153 esse critério leva em consideração ferimentos leves (normalmente reversíveis) e ferimentos graves (incluindo os irreversíveis e até a morte) (ABNT NBR ISO 14153, 2013).

**Frequência e/ou tempo de exposição** – Segundo a definição da norma, o critério para classificar a frequência e/ou tempo de exposição não existe um parâmetro que defina um período válido para a escolha entre a frequência F1 ou F2. Então, sempre que a pessoa estiver exposta frequentemente ou continuamente ao risco, o critério F2 deve ser selecionado (ABNT NBR ISO 14153, 2013).

**Possibilidade de evitar perigo** – Conforme a norma, sempre que um risco aparece ele deve ser reconhecido e sempre que possível neutralizado. Se o perigo por exemplo, pode ser diretamente identificado por suas características físicas ou ainda por meios técnicos, como indicadores (ABNT NBR ISO 14153, 2013).

Após a análise, realizada a classificação do equipamento e aplicado os critérios acima mencionados, deve-se, conforme a NBR ISO 14153, classificar a categoria de segurança que vai compor o projeto de adequação. Para tanto, a descrição detalhada está presente na Tab. 5.

Tabela 5: Classificação da categoria de segurança.

<b>Categoria</b>	<b>Resumo de Requisitos</b>	<b>Comportamento do Sistema</b>	<b>Princípio para Atingir a Segurança</b>
B	Partes de sistema de comando, relacionadas à segurança e/ou equipamentos de proteção, bem como seus componentes, devem ser projetados, construídos, selecionados, montados e combinados de acordo com a normas relevantes, de tal forma que resistam as influências esperadas.	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança.	Principalmente caracterizado pela seleção de componentes
1	Os requisitos de B se aplicam. Princípios comprovados e componentes de segurança bem testados devem ser utilizados.	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança, porém a probabilidade de ocorrência é bem menor que a categoria B.	
2	Os requisitos de B se aplicam e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam. A função de segurança deve ser verificada em intervalos adequados pelo sistema de comando da máquina.	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança entre as verificações. A perda da função de segurança é detectada pela verificação.	Principalmente caracterizado pela estrutura
3	Os requisitos de B se aplicam e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam. As partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que: (1) Um defeito isolado em qualquer dessas partes não leve a perda da função de segurança, e (2) Sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado seja detectado.	Quando um defeito isolado ocorre a função de segurança é sempre cumprida. Alguns defeitos, porém, nem todos serão detectados. O acúmulo de defeitos não detectados pode levar a perda da função de segurança.	Principalmente caracterizado pela estrutura
4	Os requisitos de B se aplicam e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam. As partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que: (1) Um defeito isolado em qualquer dessas partes não leve a perda da função de segurança, e (2) O defeito isolado seja detectado durante ou antes da próxima demanda da função de segurança. Se isso não for possível, o acúmulo de defeitos isolados não pode levar a perda da função de segurança.	Quando os defeitos ocorrem, a função de segurança é sempre cumprida. Os defeitos serão detectados a tempo de impedir a perda das funções de segurança.	Principalmente caracterizado pela estrutura

## 2.3 Dispositivos elétricos de segurança


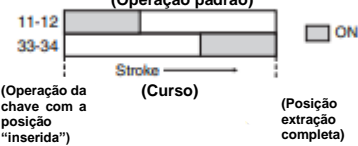

Os dispositivos de segurança comandados eletricamente são requisitos para a adequação NR-12, o equipamento regularizado deve conter itens que possibilitam operação e paradas de forma segura e eficiente. Esses itens podem ser acionados diretamente ou indiretamente utilizando comunicação externa.

Os principais itens utilizados para interrupção ou controle do funcionamento de máquinas e equipamentos são: chaves de intertravamento, comumente também chamados de chaves de segurança; relés de segurança; sensores de proximidade; cortinas de luz; botoeiras de emergência e controladores lógicos programáveis de segurança.

### 2.3.1 Chave de intertravamento

As chaves de intertravamento são equipamentos que tem como principal objetivo interromper o funcionamento de máquinas por meio de alavancas, botões ou dispositivos mecânicos. Normalmente as chaves são instaladas em portas, tampas e objetos que possuem movimentação e acesso a partes perigosas, ou seja, quando o dispositivo da chave é atuado ou removido o contato elétrico entra em funcionamento e a máquina interrompe o funcionamento. Abaixo na Fig. 3 tem-se a representação do esquema de funcionamento de uma chave de intertravamento:

Figura 3: Esquema de funcionamento da chave de intertravamento.

Contact	Contact form	Operating pattern	Remarks
(Contato)  1NC/1NO	(Modelo do contato) 	(Operação padrão)  (Operação da chave com a posição "inserida") (Curso) (Posição extração completa)	Apenas o contato NC 11-12 têm o mecanismo de abertura certificado.  Os terminais 11-12 e 33-34 podem ser usados em ambos os polos.

Fonte: Datasheet Omron (2023)

Neste caso, temos uma chave que atua por meio de 2 contatos, 1 normalmente aberto (NO) e 1 normalmente fechado (NC). Quando a chave está em estado normal de operação, ou seja, com o contato na posição NC indica que a parte móvel está fechada e impossibilitada de acesso. Entretanto, quando a parte móvel é removida tem-se a abertura da chave alterando o contato para NO e acionando o sinal

de “parada de funcionamento” que pode ser coletado por um CLP (Controlador Lógico Programável) ou então apenas demonstrar a parada por meio de um sinal sonoro ou luminoso.

As chaves de intertravamento também possuem outros contatos auxiliares de comutação, como: 2NC, 2NC + 1NO, 3NC entre outros, possibilitando o controle de mais de um equipamento com um único dispositivo.

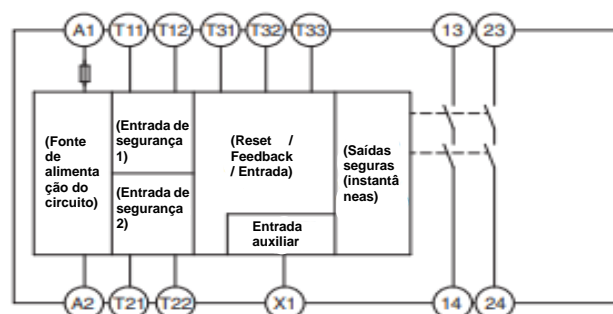
Em um sistema de proteção de uma máquina, as chaves de segurança têm a principal função de impedir o início ou religamento da máquina sem que o contato esteja no estado inicial. Assim, sem o operador retornar a parte móvel na posição original, o maquinário não pode ser ligado.

### 2.3.2 Relé de segurança

Por meio dos dispositivos denominados relés de segurança, obtêm-se uma série de parâmetros necessários para avaliar o estado de um conjunto de itens necessários para o funcionamento seguro de uma máquina. Por esse equipamento passam dispositivos como chaves de intertravamento, botões luminosos, cortinas de segurança e sensores de detecção.

Os relés de segurança conforme a imagem abaixo incorporam lógicas de segurança que podem ser programadas ou configuradas para exercer funções específicas como AND, OR, NAND, XOR entre outras, criando ações de controle apropriadas com base no estado dos dispositivos de segurança monitorados. Eles também podem exercer funções de temporização e auto verificação, controlando entradas e saídas por meio de tempo no primeiro caso e monitorando internamente o próprio circuito evitando falhas.

Figura 4: Configuração relé de segurança.



Fonte: Datasheet Omron (2023)



O relé da Fig. 4 acima possui uma configuração com 2 canais de segurança com 4 entradas, T11, T12, T21 e T22. Os canais T31, T32 e T33 são utilizados como funções de reset e de redundância para a auto verificação. As portas 13,23,14 e 24 são saídas que enviam a comunicação aos dispositivos interligados ao relé. Este relé em específico possui ainda uma saída auxiliar que pode ser utilizada com as mesmas funções das outras saídas.

### **2.3.3 Cortina luminosa**

Cortinas luminosas são dispositivos amplamente utilizados em indústria visando a segurança por meio de técnicas aprimoradas e tecnológicas. Elas funcionam por um princípio de reflexão de luz, similar aos sensores retro reflexivos, uma vez que o feixe disparado pelo emissor da cortina não é captado pelo receptor, um sinal é emitido informando alteração do estado original.

As cortinas possuem configurações para atender necessidades específicas, como altura do corpo ou objeto, velocidade de resposta, entre outros. Alguns fabricantes possuem modelos característicos para partes do corpo como dedo, mão, braço, pernas e corpo alterando o espaçamento entre os feixes de luz para obter a resolução necessária para detecção.

As linguagens de programação das cortinas de segurança podem variar entre C, C++, C#, Python, API, Ladder e entre outras, esta última é a mais utilizada pelos fabricantes de cortinas. Elas também possuem comunicação com os demais itens de segurança, através de um sinal gerado pela cortina é possível por meio de um relé ou CLP de segurança enviar uma ação a um botão luminoso ou ainda ativar um sinal sonoro.

### **2.3.4 Sensor de proximidade**

O sensor de proximidade, além de uma larga utilização na indústria para controle do movimento de máquinas, também pode ser utilizado para dar segurança ao manuseio de máquinas. Sensores difusos por exemplo, que funcionam por emissão e recepção de luz podem ser utilizados para detectar a presença pessoas ou objetos. Também são utilizados os modelos retro reflexivos e sensores de barreira.

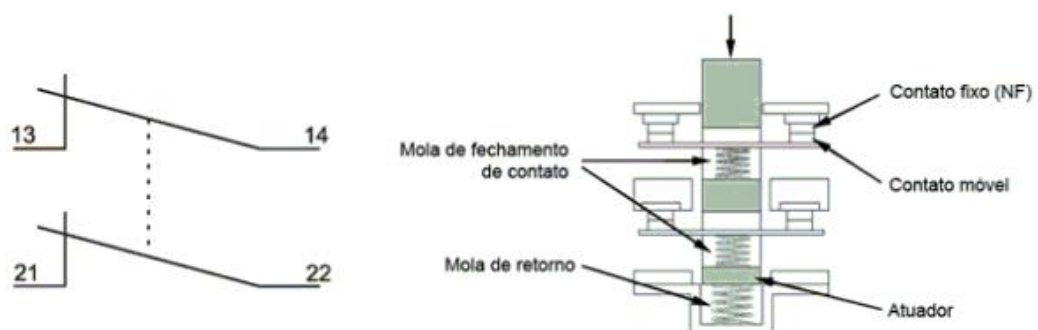
No entanto, limitação dos sensores de segurança é que eles possuem apenas informação de estado, em casos que são selecionados originalmente como NO (normalmente aberto) são acionados ao receberem a mudança de estado, porém quando são originalmente configurados como NC (normalmente fechado) acionam o contato de saída ao alterar-se a condição inicial.

### 2.3.5 Botoeiras de emergência

As botoeiras de emergência são itens fundamentais para a normatização de máquinas e equipamentos conforme a Norma Regulamentadora Nº 12. Segundo o item 12.22 da NR-12, as botoeiras de emergência devem possuir certificado legal, bem como ser posicionado em um lugar de fácil acesso ao usuário, evitando bloqueios em caso de parada emergencial.

Os botões de emergência normalmente possuem contatos elétricos ou mecânicos que são acionados ao pressionar a manopla. Quando o contato é atuado acontece a interrupção da alimentação do maquinário impossibilitando a operação. Após a necessidade da parada ser atendida, o botão pode ser desativado liberando a atuação da máquina. A Fig. 5 apresenta abaixo o esquema de funcionamento de um botão de emergência comumente utilizado em regularizações conforme NR-12. Este modelo possui um sistema de ruptura positiva, ou seja, ainda que o contato do botão sofra alguma anomalia, como por exemplo a fundição dos contatos, o sistema atua de forma mecânica para que a abertura seja garantida evitando assim “falsos” cortes de energia.

Figura 5: Funcionamento do botão de emergência com ruptura positiva.



### **2.3.6 Painel elétrico conforme NR-12**

De acordo com o subitem 12.5.2.3 da NR-12, que estabelece os requisitos para a instalação de painéis elétricos, é fundamental o cumprimento das exigências uma vez que, uma instalação dimensionada de forma errônea ou insegura comprometerá a segurança do operador.

Portanto, os painéis elétricos devem ser instalados em locais de fácil acesso, a garantir que os trabalhadores autorizados possam chegar facilmente a eles. Eles também devem ser fixados de forma segura, considerando o peso e a estrutura do equipamento. A escolha adequada do local de instalação é essencial, evitando áreas com umidade excessiva, poeira, gases inflamáveis, vapores corrosivos e outros agentes prejudiciais.

Além disso, os condutores devem estar seguramente isolados contra danos mecânicos, exposição a intempéries e outros fatores que possam comprometer a sua segurança. É fundamental também a sinalização do mesmo, evitando o acesso e manobra de usuários não capacitados.

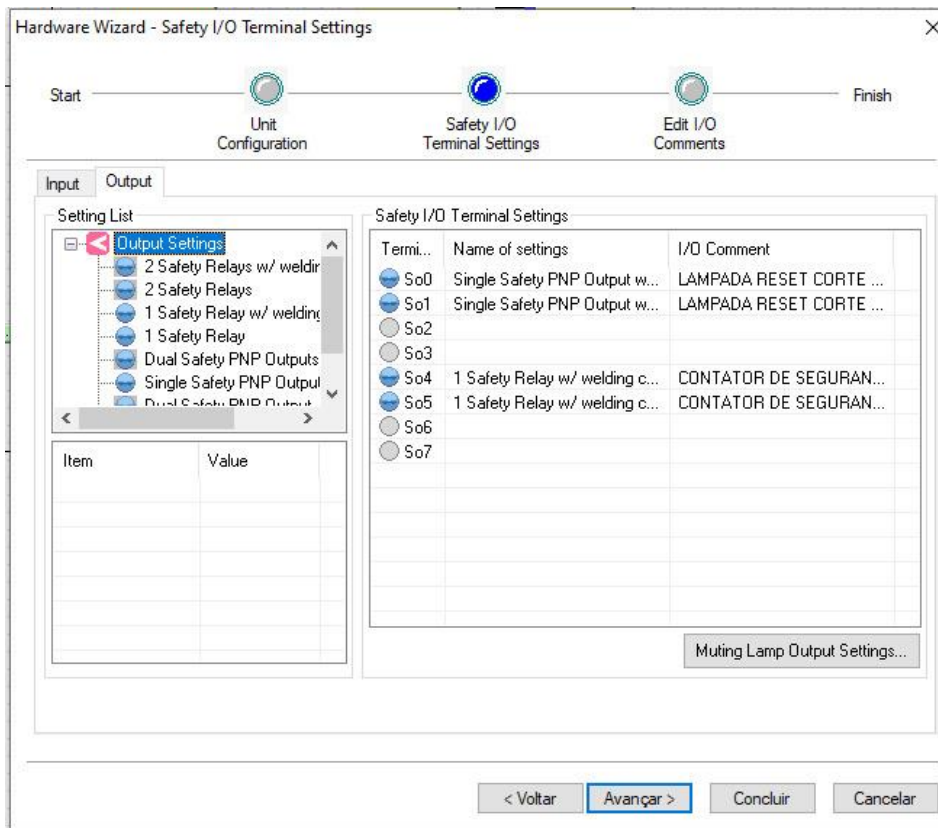
### **2.3.7 Controlador Lógico Programável de segurança**

Os comumente chamados CLP de segurança é um tipo específico de computador programável desenvolvido especificamente para fornecer funcionalidades de segurança em aplicações industriais e comerciais. Este equipamento não tem uma implementação industrial muito vasta atualmente, por ser um item que demanda interação via software, muitas empresas optam por seguir com a adequação simples que atenda necessariamente os pré-requisitos em norma.

Semelhante ao relé de segurança, o CLP possui funcionalidades de controle e monitoramento de entradas e saídas. Porém, os controladores programáveis possuem uma ampla capacidade de realização de funções, como lógicas de intertravamento, monitoramento de velocidade, controle de zonas entre outras funções que os relés de segurança não possuem. A Fig. 6 abaixo, demonstra a tela de programação de um CLP de segurança que contempla o monitoramento de relé de segurança, sensor de movimento e botoeira de emergência.



Figura 6: Tela de programação CLP de segurança.



Fonte: Do autor (2023)

Estes dispositivos podem inclusive contemplar as programações das cortinas de luz e dos relés em uma única programação, essa funcionalidade cria uma espécie de centralização no CLP tornando a comunicação entre todos os equipamentos simplificada. Em alguns modelos específicos é possível também, implementar expansões ao controlador tornando amplo o controle de equipamentos aumentando o número de entradas e saídas. A programação citada anteriormente demonstra um CLP de segurança com 20 entradas possibilitando receber o sinal de 20 equipamentos simultaneamente.

### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos utilizados na adequação NR-12 de um torno convencional com base na ênfase aos equipamentos utilizados na automação elétrica. O maquinário é utilizado em uma empresa do ramo de fundição metalúrgica da região Sul de Santa Catarina. Foram obtidos para a análise

do item todas as documentações do equipamento, bem como reuniões com os responsáveis pela adequação do torno.

### 3.1 Identificação e utilização do equipamento modificado

O torno é utilizado no processo de usinagem, para usinar peças como: rolos seriados e peças para o setor de Calderaria. Torno convencional modelo ES-40A conforme a Fig. 7 e Fig. 8 abaixo, fabricado por INDÚSTRIAS ROMI, o dispositivo possui as seguintes características:

- Tensão de alimentação: 380 V (Volts);
- Tensão de comando: 110 V (Volts);
- Rotação de trabalho: 1700 rpm (Rotações por minuto);
- Possui chave seccionadora geral no painel elétrico de comando.

Figura 7 – Torno convencional ES-40A.



Fonte: Unimaq (2022)

Figura 8 – Vista lateral torno convencional ES-40A.



Fonte: Unimaq (2022)

O abastecimento de peças para usinagem é feito de forma manual no eixo girante, exigindo que o operador tenha contato direto com o equipamento.

O processo é semiautomático, a máquina é setada através do painel de comando que habilita os movimentos do torno. Assim que o processo de usinagem inicia o operador precisa manipular os eixos do equipamento para obter a modificação necessária na peça, após este processo concluído retira-se o equipamento e faz-se o posicionamento da nova peça a ser usinada se necessário.

### **3.2 Análise de conformidade do equipamento**

Após o detalhamento do equipamento é fundamental o estudo minucioso da parte de segurança, esse processo compõe a etapa de análise de riscos. É necessário o levantamento dos possíveis riscos oferecidos pelo maquinário, tornando possível a classificação.

A primeira ação é identificar e quantificar o grau dos riscos que o equipamento apresenta, através do método HRN. Foram identificadas no equipamento riscos pertinentes, entre eles: risco de agarramento de partes do corpo em partes móveis da máquina, risco de corte dos membros superiores, risco de

choque elétrico e ainda alguns riscos adicionais como ruído contínuo e projeção de partículas volantes. Abaixo as classificações segundo o método *Hazard Rating Number*:

Tabela 6: risco de agarramento de partes do corpo em partes móveis da máquina

HRN	Classificação
Probabilidade de ocorrência (PE)	Possível (2)
Frequência de exposição (FE)	Constantemente (5)
Grau de possíveis danos (GPD)	Perda de 2 membros – olhos ou doença séria (10)
Número de pessoas expostas (NP)	3 a 7 pessoas (2)

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 7: risco de corte dos membros superiores

HRN	Classificação
Probabilidade de ocorrência (PE)	Possível (2)
Frequência de exposição (FE)	Constantemente (5)
Grau de possíveis danos (GPD)	Perda de 1 membros – olhos ou doença séria (temporária) (6)
Número de pessoas expostas (NP)	3 a 7 pessoas (2)

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 8: risco de choque elétrico

HRN	Classificação
Probabilidade de ocorrência (PE)	Improvável (1,5)
Frequência de exposição (FE)	Constantemente (5)
Grau de possíveis danos (GPD)	Fratura grave ou doença secundária (permanente) (4)
Número de pessoas expostas (NP)	3 a 7 pessoas (2)

Fonte: Do autor (2023)

Conforme a Eq. (2) abaixo, com a obtenção dos possíveis riscos utiliza-se a fórmula para cálculo do HRN, obtendo-se que a soma da classificação dos riscos é *alta* exigindo uma ação necessária com medidas de controle e segurança.

$$HRN = PE \times FE \times GPD \times NP \quad (2)$$

Tabela 9: Análise HRN.

Riscos	GPD	FE	PE	NP	(HRN)	Classificação
Risco de agarramento	10	5	2	2	200	Alto
Risco corte membros sup.	6	5	2	2	120	Alto
Risco de choque elétrico	4	5	2	2	60	Alto
<b>Média Geral</b>					<b>126</b>	<b>Alto</b>

Fonte: Do autor (2023)



Após a classificação do equipamento pelo método HRN conforme a Tab. 9 acima, é necessário conforme a NBR ISO 14153 determinar a categoria de segurança que o equipamento se encontra. Com base na análise do torno convencional, verificou-se que o maquinário obtem as seguintes classificações:

**Severidade do ferimento S2** – O risco estimado é considerado alto podendo levar a ferimentos graves (incluindo os irreversíveis e até a morte).

**Frequência e/ou tempo de exposição F2** – Devido a exposição contínua ao equipamento e ao frequente risco de acidentes.

**Possibilidade de evitar perigo P2** - o perigo não pode ser diretamente identificado por suas características físicas ou ainda por meios técnicos, como indicadores.

Levantados os critérios de seleção da categoria de segurança, entende-se que o equipamento se encaixa na categoria 4; com um alto grau de risco. Entende-se a necessidade da adequação do equipamento proveniente das classificações. É necessário então, conforme a norma NR-12, que as partes relacionadas a segurança devem ser projetadas de tal forma que: um defeito isolado em qualquer dessas partes não leve a perda da função de segurança, e sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado seja detectado.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste presente tópico, serão apresentados os resultados e discussões provenientes das análises feitas da adequação do torno convencional. Também será possível verificar os itens incorporados ao maquinário, identificando suas funções e a necessidade de estarem inseridos nas modificações.

### **4.1 Aplicação da adequação**

Após o procedimento de levantamento de dados, análise da categoria do equipamento e verificação da necessidade da adequação, a mesma foi realizada. Conforme a Fig. 9 o equipamento sofreu as mudanças necessárias para se adaptar as exigências da NR-12. Segundo previsão em norma, foram feitas adaptações mecânicas necessárias para isolar partes móveis aparentes.

Figura 9: Torno convencional adequado conforme NR-12.



Fonte: Do autor (2023)

#### 4.1.1 Botoeiras de emergência e de acionamento

Foi utilizado um botão de emergência posicionado em local estratégico do maquinário, facilitando o acionamento em necessidade de uma parada emergencial. A Fig. 10 abaixo demonstra a instalação do botão de emergência conforme NR-12. Também foram instalados ao lado da botoeira emergencial um botão de liga e desliga com um led indicando se o maquinário está em operação.

Figura 10: Botão de emergência.



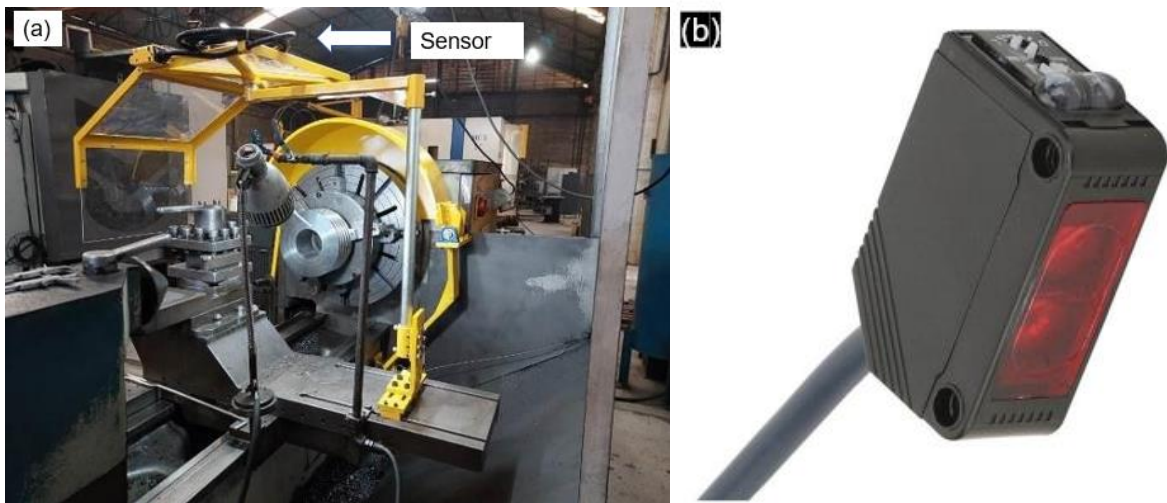
Fonte: Do autor (2023)

O modelo utilizado é da fabricante OMRON, modelo A22E-M-02 que possui a especificação que atende o item 12.22 da NR-12 que exige que o botão seja certificado legalmente e que atue com o princípio da ruptura positiva.

#### 4.1.2 Sensores

Ainda, de acordo com as diretrizes, a adequação possui partes móveis que não podem ser movimentadas durante a operação do torno, por esse motivo foi instalado um sensor na parte superior onde fica a janela de proteção do eixo girante. Conforme Fig. 10(a) o sensor instalado no equipamento, foi um sensor difuso que atua pelo princípio interrupção de feixe de luz, modelo E3Z-D81 2M (OMRON, 2023), ele tem como objetivo impedir o levantamento da barreira de proteção. A Fig. 10(b) apresenta o modelo de sensor utilizado.

Figura 10: Vista superior da máquina com sensor (a), sensor utilizado (b).



Fonte: Do autor (2023)

#### 4.1.3 Painel elétrico

Para que as necessidades do maquinário fossem supridas, se fez necessário a implantação de um painel elétrico que reúne toda a central de comando e componentes que interligam os equipamentos de forma automatizada.

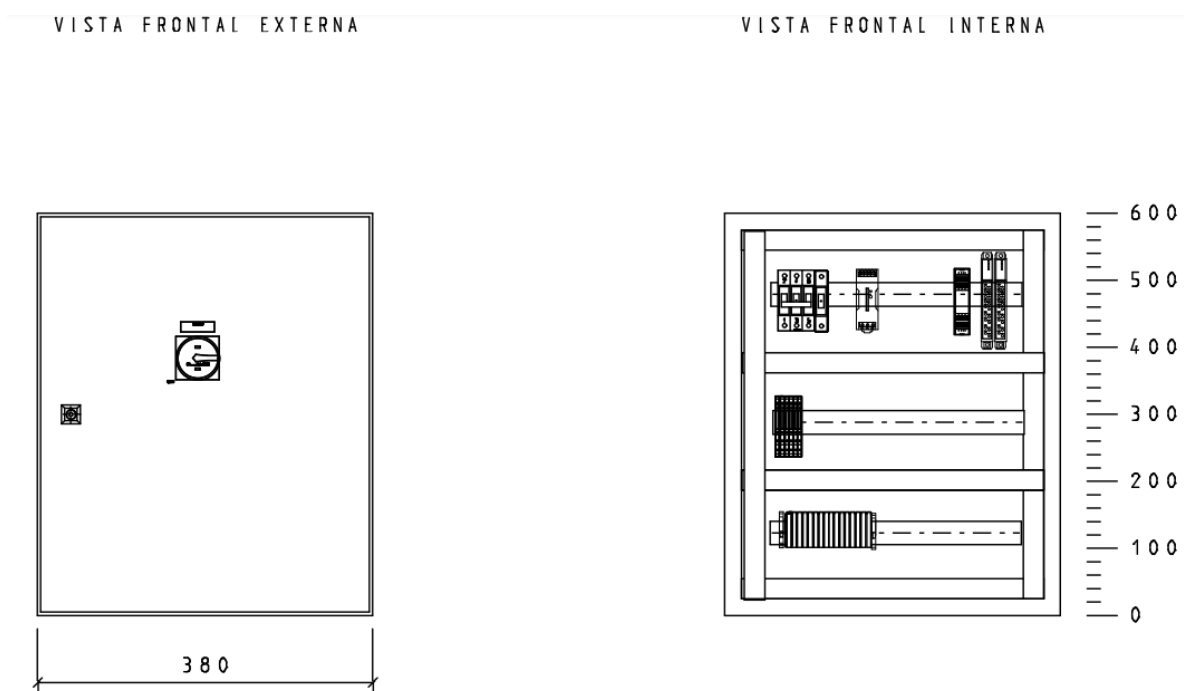
Figura 11: Painel elétrico adequado.



Fonte: Do autor (2023)

Conforme a Fig. 11 acima apresenta o painel elétrico instalado, em acordo com as exigências do subitem 12.5.2.3 da NR-12, bem como os componentes a seguir especificados. O modelo do equipamento tem dimensões 600x380x210 mm (RITTAL, 2023).

Figura 12: Layout do painel elétrico.



Fonte: do Autor (2023)





Conforme a Fig. 12 acima que representa o layout do painel elétrico, este possui em seus equipamentos de controle, dois relés de segurança instalados modelo G9SE-201 (OMRON, 2023), que são responsáveis pelo controle da botoeira de emergência e dos sensores. No caso dos botões a alimentação passa pelos relés, bem como a saída destes são controladas pelo dispositivo também.

Essa sequência de ligações possibilita a redundância da botoeira uma vez que, qualquer interrupção anormal na alimentação do botão aciona o relé, desligando o maquinário. De semelhante modo, os sensores também enviam o sinal para os relés, que em caso de atuação, comutam o contato do relé. Possui ainda, um controlador lógico de segurança modelo G9SX-SM032-RT (OMRON, 2023), que faz o monitoramento do maquinário, em sinergia com um sensor de inércia, habilitando a abertura da aba de proteção somente após a garantia de imobilidade do eixo girante.

Os demais itens compõem a gama de itens de manobra e alimentação, são itens como: Fonte chaveada 5 A, responsável pela conversão da alimentação CA recebida no painel para 24 VDC, tensão essa segura para operação do painel e itens alimentados. Possui disjuntores, utilizados para manobra do circuito do painel, bem como os relés fusíveis e bornes comissionados respectivamente a proteção e alimentação do sistema.

## 4.2 Reavaliação da adequação

Após as adequações necessárias realizadas é necessário conforme previsão na norma ABNT NBR ISO 14153 uma nova avaliação da adequação para verificar os níveis de segurança atingidos pelas modificações. Na Tab. 10 abaixo, tem-se o novo cálculo do HRN.

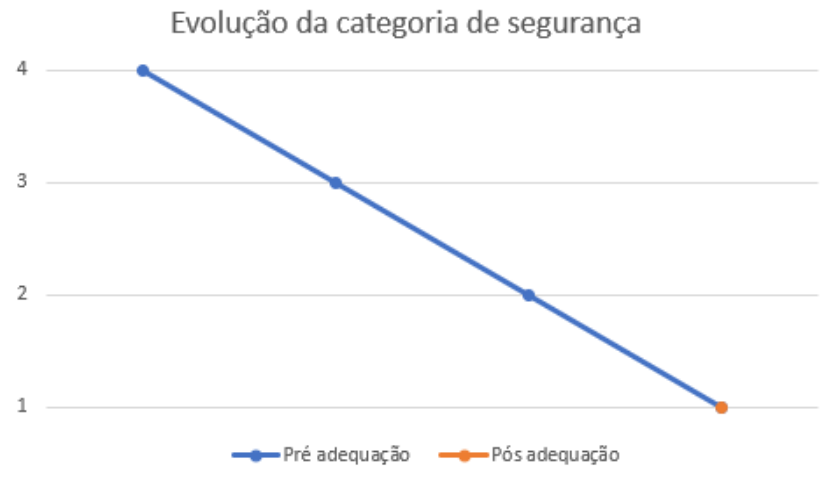
Tabela 10: Reavaliação HRN.

Riscos	GPD	FE	PE	NP	(HRN)	Classificação
Risco de agarramento	0,5	5	1	2	5	Desprezível
Risco corte membros sup.	0,5	5	1,5	2	8	Baixo
Risco de choque elétrico	0,1	5	1	2	1	Desprezível
<b>Média Geral</b>					<b>5</b>	<b>Baixo</b>

Fonte: Do autor (2023)

Dessa forma, considerando as adequações realizadas e todas as modificações feitas, obteve-se uma redução de aproximadamente 96% dos riscos.

Figura 13: Gráfico de evolução das categorias.



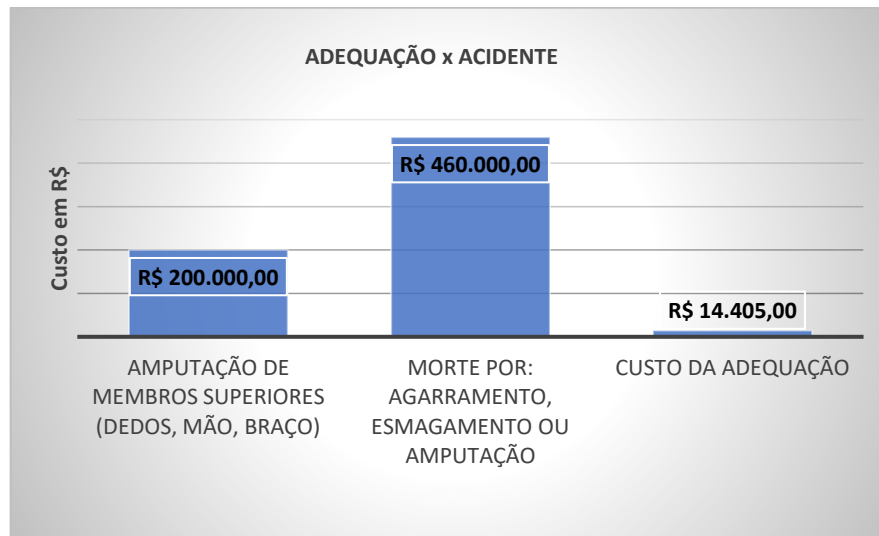
Fonte: Do autor (2023)

A Fig. 13 acima apresenta a evolução da categoria de segurança do item adequado, demonstrando o quão fundamental é a aplicação dos itens utilizados na automação para garantir a segurança e integridade do operador.

Abaixo na Fig. 14, tem-se um gráfico que evidencia os investimentos na adequação do maquinário em comparação com o custo para a empresa de um acidente trabalhista. De acordo com (TRT5-BA, 2006), existem registros de funcionários que perderam a mão em suas atividades no trabalho, custaram aos empregadores uma indenização no entorno de R\$ 200.000,00. Entretanto em caso de morte, segundo o (TRT-RS, 2016), é necessário calcular uma pensão mensal equivalente a dois terços do salário recebido pelo empregado na época do óbito. No cálculo realizado, utilizou-se como exemplo um trabalhador que recebia entorno de R\$ 2.000,00 mensais e que morreu aos 31 anos, com pensão devendo ser paga até a data em que completaria 60 anos. Finalmente, o custo total para a adequação da análise apresentada, está representada na última barra, no valor de R\$ 14.405,00.

Em caso de não cumprimento das exigências da NR-12, o empregador é autuado pelo MTE. Os valores das multas são calculados com base na NR-28, norma que estabelece critérios para regulamentação dos procedimentos de fiscalização, embargo e interdição. Ainda, de acordo com (SCHMERSAL, 2023) o valor de uma punição depende do grau de risco apresentado e pode chegar até 50 vezes o valor do equipamento.

Figura 14: Gráfico de custos.



Fonte: Do autor (2023)

### 4.3 Sugestões para melhorias na adequação

Este presente tópico expressa algumas sugestões que, em eventual necessidade ou demanda, seriam substituições agregadoras. Um dos fatores seria a implantação de uma cortina luminosa no caso de necessidade de isolamento da área. Por se tratar de um torno convencional, é necessário que o usuário faça a manipulação da peça próximo ao eixo girante, impedindo a atual implantação de uma cortina na parte frontal do equipamento. Como sugestão, para isolamento da área, poderia ser implantado o equipamento de segurança na parte externa do maquinário, impedindo por exemplo, uma aproximação de outro operador enquanto o equipamento está sendo manuseado.

Em caso de necessidade do aumento de supervisão da máquina, como instalação de novas chaves e/ou sensores, recomenda-se o uso de um CLP de segurança programável. Neste sentido, será possível aumentar o número de equipamentos controlados em um só local, bem como a programação lógica editável conforme a necessidade do usuário.

### 4.4 Checklist

Neste presente tópico, será apresentado o roteiro proposto para auxiliar uma possível fiscalização interna adotada pela empresa. Conforme a Fig. 15 abaixo.



Figura 15: Checklist para avaliação de adequação NR-12.

Logo da empresa		Checklist para avaliação de adequação NR-12	
Responsável:		Data:	
Máquina:			
Setor:			
Item	Etapa	Validação	
1º	Análise dos equipamentos: Verifica-se se existe algum equipamento apresentando riscos como: partes móveis ou de contato direto com o operador expostas.		
2º	Análise de documentações e informações: Reúne-se manuais, fotos, desenhos. Certifica-se quanto à manutenções feitas no mesmo, substituições de peças.		
3º	Levantamento de riscos: Elenca-se os principais riscos provenientes do maquinário, ordena-se por grau de periculosidade.		
4º	Validação HRN: utilizam-se as tabelas com base na NBR ISO 14153, para calcular os níveis dos riscos que o maquinário apresenta.		
5º	Verificação dos pontos críticos: Levanta-se os locais em que a utilização de equipamentos de controle e automação teriam aplicação.		
6º	Análise e aprovação: Se necessário, submete-se o documento a análise de um profissional habilitado da área de Segurança do Trabalho e/ou Engenheiro Eletricista/Mecânico.		
7º	Realização: Inicia-se o processo de adequação, realizando-se as modificações necessárias.		
8º	Reavaliação HRN: Refaz-se a etapa nº4 para reavaliar os riscos e analisar a efetividade da adequação.		
9º	Treinamento e capacitação: É realizado um treinamento para capacitar todos os usuários que atuam no maquinário.		
10º	Liberação e operação: O maquinário pode retornar sua operação de modo que não apresenta mais riscos significativos ao operador.		
<hr/> Assinatura do responsável			

Fonte: Do autor (2023)



A Fig. 15, contempla o levantamento e análise de uma eventual adequação conforme a Norma Regulamentadora Nº12. Este processo foi desenvolvido com base no maquinário analisado neste trabalho.

## 5 CONCLUSÃO

A NR-12 possui em suas exigências diversos itens que compõe normativas para estabelecer a operação de máquinas e equipamentos de forma segura. Em suas aplicações, a automação atuando para estabelecer a segurança do operador, possibilita o controle e a checagem dos níveis de trabalho de forma precisa e rápida, permitindo uma análise preventiva e providencial em situações que os riscos são aparentes.

A análise da adequação do torno convencional apresentada, possibilitou abranger os pontos principais no qual a automação é aplicada na prática. O processo de análise foi minucioso para que fosse possível identificar as possíveis modificações a serem feitas e o motivo das não conformidades. A partir das análises pelo método HRN, verificou-se a redução de riscos mediante as alterações feitas e as soluções aplicadas. A elaboração do roteiro possibilitou a reunião de todas as principais informações obtidas com a análise, gerando uma sequência de passos que possibilita a identificação imediata de equipamentos passíveis de melhorias.

É necessário que a segurança dos trabalhadores seja colocada em evidência, impossibilitando a operação de maquinários de forma insegura. Dentro da área da engenharia, essa expertise é fundamental para que segurança e a tecnologia caminhem juntas. A intensificação de fiscalizações e cobranças pelos órgãos responsáveis tende a aumentar, devido a necessidade de os trabalhadores exercerem suas funções seguras e com ótima qualidade.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABNT. NBR 14153:2013: Segurança de máquinas — Partes de sistemas de comando relacionados à segurança — Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, 2013.



- [2] Atlas, Equipe. *Segurança e Medicina do Trabalho*. Disponível em: Minha Biblioteca, (86th edição). Grupo GEN, 2021.
- [3] Barsano, Paulo, R. e Rildo Pereira Barbosa. *Higiene e Segurança do Trabalho*. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Saraiva, 2014.
- [4] Barsano, Paulo, R. e Rildo Pereira Barbosa. *SEGURANCA DO TRABALHO GUIA PRÁTICO E DIDÁTICO*. Disponível em: Minha Biblioteca, (2nd edição). Editora Saraiva, 2018.
- [5] BRASIL. Portaria Mtb nº 3.214, de 8 de junho de 1978. NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. Lex: coletânea de legislação: edição federal, Brasília, 1978.
- [6] Castro, Bruno Albuquerque D. *Segurança do trabalho em eletricidade 1ª edição*. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Saraiva, 2019.
- [7] CHIBINSKI, Murilo. *Introdução a segurança do trabalho*. Curitiba: e-Tec Brasil, 2011.
- ABNT NBR ISO 12100:2013. *Segurança de máquinas — Princípios gerais de projeto — Apreciação e redução de riscos*. Rio de janeiro 2013.
- [8] Júnior, Joubert Rodrigues dos, S. e Márcio José Zangirolami. *NR-12 - SEGURANÇA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS - CONCEITOS E APLICAÇÕES*. Disponível em: Minha Biblioteca, (2nd edição). Editora Saraiva, 2020.
- [9] Manole, Editoria Jurídica da E. *CLT: Consolidação das Leis do Trabalho: Decreto-lei n. 5.452, de 1º de maio de 1943*. Disponível em: Minha Biblioteca, (7th edição). Editora Manole, 2022.
- [10] Paoleschi, Bruno. *CIPA - Guia Prático de Segurança do Trabalho*. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Saraiva, 2009.
- [11] Saraiva,. *Segurança e medicina do trabalho*. Disponível em: Minha Biblioteca, (25th edição). Editora Saraiva, 2021.
- [12] Key-operated door switch in plastic housing: D4NS. In: OMRON (GERMANY). KEY-OPERATED DOOR SWITCH. EUROPE, 2006. Disponível em: <https://industrial.omron.eu/en/products/d4ns>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- [13] OMRON (GERMANY). The standalone safety controller: G9SP-N. In: The standalone safety controller. EUROPE, 2020. Disponível em: <https://industrial.omron.eu/en/products/g9sp-n>. Acesso em: 8 mar. 2023.



[14] TRT (Brasil, RS). Tribunal regional do trabalho da 4<sup>o</sup> região TRT-4. 04/05/2006. Acidente de trabalho típico. Indenização, [S. l.], n. 0004800-69.2006.5.04.0731, 4 maio 2006. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/trt-4/430147388/inteiro-teor-430147395>. Acesso em: 12 abr. 2023.