

## **PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO EM UMA MÁQUINA DE CORTE DE TUBOS À NORMA REGULAMENTADORA NR-12**

**Marcos Otávio Costa<sup>1</sup>**

**Adelor Felipe da Costa<sup>2</sup>**

**Resumo:** A Norma Regulamentadora NR-12 estabelece em termos gerais, critérios e exigências técnicas que abrangem a concepção do projeto de maquinários novos, a adequação de modelos já existentes, o descarte ou substituição de equipamentos e requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho para o operador. A abordagem do presente trabalho trata de forma específica o processo de adequação de um equipamento classificado como risco “alto” pela NR-12, em operação em uma indústria metalúrgica e aplicou-se os conceitos HRN e NBR 14153 estabelecidos na norma regulamentadora adequando e evitando o descarte do mesmo, garantindo assim a segurança na sua utilização e entorno. O projeto de adequação trouxe a criação de um sistema em formato de magazine para alimentação de tubos, que através de um sistema giratório permite ao operador o manuseio sem a exposição ao risco atual. Com os dados obtidos na modelagem, realizamos o levantamento de custos totais (materiais e mão de obra) para análise de viabilidade financeira quando comparada ao valor de aquisição de um novo equipamento. O estudo provou-se viável, obtendo como valor de investimento na adequação proposta cerca de 1/6 do valor de aquisição de um novo maquinário. Outras possibilidades visualizadas no decorrer do estudo foi ampliar a adequação para equipamentos semelhantes no mesmo parque fabril e fomentar um exemplo viável para outros profissionais e empresas que desejam utilizar o mesmo método em suas organizações.

**Palavras-chave:** NR-12. Segurança. Risco. Requisitos. Adequação. Custos.

### **1. INTRODUÇÃO**

Com intuito de preservar a integridade física dos trabalhadores, a norma regulamentadora NR-12 tem como objetivo estabelecer parâmetros e referências técnicas, envolvendo as fases de projeto, adequação, fabricação e utilização de equipamentos utilizados em diversas áreas industriais. Conforme SESI/DN (2019), a

---

<sup>1</sup> Graduando em engenharia mecânica. E-mail: proj.marcos@gmail.com

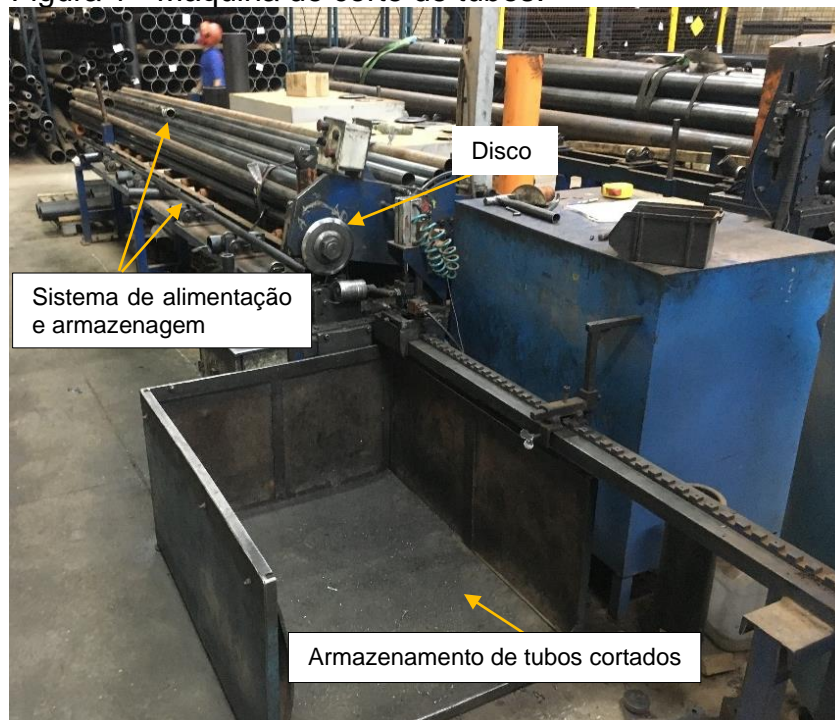
<sup>2</sup> Prof. Adelor Felipe da Costa. E-mail: adelor.costa@satc.edu.br

norma não tem como objetivo especificar a forma de adequação, mas sim, os princípios para atingir o nível de segurança determinado pela NR-12.

No mercado metal mecânico, devido a sua grande diversidade e abrangência, é possível encontrar diversos equipamentos projetados e elaborados para demandas específicas. Isto normalmente ocorre em oficinas de manutenção da própria planta da empresa. Nestes casos os projetos não são idealizados prevendo as obrigações das normas regulamentadoras, tal como a NR-12. Sendo assim se faz necessário a realização do estudo de adequação.

Neste estudo, foi tomado como base o equipamento apresentado na Fig. 1, utilizado para realização de cortes de tubos, sendo que este foi projetado e fabricado dentro das instalações da empresa. Onde não possui sistema de proteção e segurança ao operador, não estando adequado a norma NR-12.

Figura 1 - Máquina de corte de tubos.



Fonte: do Autor (2020)

Visando a segurança e o bem estar dos colaboradores, se faz necessário realização do estudo de implementação da norma NR-12, no equipamento de corte de tubos. Desta forma esse trabalho tem como objetivo realizar o estudo de adequação, utilizando os métodos de riscos previstos na NR-12, juntamente com a

modelagem em 3D dos dispositivos a serem instalados utilizando o *software SolidWorks®*. Sendo possível a quantificação do valor monetário necessário para adequação.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Esta seção tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica acerca da norma NR-12 e de suas variações que serão utilizadas como base para elaboração do estudo.

### **2.1 IMPORTÂNCIA DAS NORMAS REGULAMENTADORAS (NR)**

Conforme ENIT (2020) as normas regulamentadoras são obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores, com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho.

Existem diversas normas elaboradas pelo Ministério do Trabalho, visando as demais áreas de aplicação. Tais como, a NR-10 que regulamenta a segurança em instalações e serviços de eletricidade. A NR-35 onde estabelece os requisitos mínimos para trabalhos em altura. E a norma NR-12, que é o regulamento que define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para o trabalho em máquinas e equipamentos, visando a prevenção de acidentes e doenças do trabalho para equipamentos novos e usados. Além disso, contempla a capacitação dos operadores e aspectos ergonômicos. Desta forma, prezando pelo bem estar do operador e do meio em que o equipamento está instalado (SESI/DN, 2019).

### **2.2 NR-12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Conforme Johann (2010) com a evolução da conscientização sobre as normas de segurança, vem se criando vários produtos e elementos específicos para atender a demanda da NR-12, desde de EPI's – Equipamento de Proteção Individual, para os operadores e os EPC's – Equipamentos de Proteção Coletiva como por exemplo,

cortinas de luz, botões de emergência, entre outros. Segundo ABIMAQ (2016), existe alguns itens a serem realizados para a implementação da NR 12, como: elaborar um inventário das máquinas e equipamentos; realizar a apreciação de riscos e emissão da ART.

Dentro do primeiro tópico é necessário, identificar o equipamento, realizar uma descrição do mesmo, levantar as informações gerais de produção, realização de um diagnóstico em relação a NR -12, previsão de adequação, recursos financeiros e localização do equipamento no *layout* da empresa (ABIMAQ, 2016).

No segundo tópico é necessário realizar uma apreciação de risco, incluindo sistema eletrônico, pneumático, hidráulico e mecânico. Essa apreciação de risco deve ter como objetivo levantar os pontos, classificar e informar quais são as possíveis soluções. Para realização da apreciação de riscos existem algumas normas que podem ser utilizadas, sendo elas, NBR ISO 12100:2013 e NBR 14153 (ABIMAQ, 2016). Conforme SESI/DN (2019), dentre as normas técnicas, a NBR 14153 é considerada a mais recomendada, pela sua difusão no mercado e dentro da própria NR-12. Onde a mesma estabelece um guia sobre os sistemas de segurança, independente da sua fonte de energia (ex.: elétrica, hidráulica, pneumática ou mecânica).

No último tópico tem-se a emissão da ART, que deve ser realizada por um profissional qualificado e habilitado. A sua função é mostrar que as atividades técnicas realizadas no equipamento, estão sob supervisão de um profissional qualificado.

### **2.2.1 Principais pontos da NR-12 aplicados a este estudo**

Conforme a NR-12 (2019) os itens a seguir são consideradas medidas de proteção: medidas de proteção coletiva, administrativas ou de organização do trabalho e de proteção individual.

Outra etapa informada pela NR-12 (2019) é pertinente aos trabalhadores ligados diretamente e indiretamente aos equipamentos. Os trabalhadores não podem realizar qualquer alteração ou mudança nas proteções ou dispositivos de segurança que possam causar riscos ou danos à saúde do operador ou terceiros.

O empregador deve fornecer treinamentos periódicos sobre o equipamento

e seus riscos e, é de obrigação do trabalhador participar. Outra, função é informar qualquer mudança ou defeitos encontrados no equipamento, para que a manutenção possa ser realizada.

Para a adequação é necessário analisar os arranjos físicos e instalações dos equipamentos. Conforme tópico 12.2 da NR-12 (2019) as áreas de instalações e circulação devem ser demarcadas conforme normas vigentes. É de suma importância manter o local limpo e desobstruído. O piso deve ser projetado para suportar as cargas que estão sujeitos e não devem oferecer riscos. É necessária uma distância mínima entre as máquinas, permitindo a limpeza, utilização e movimentação.

Ao que se diz respeito a parte elétrica do equipamento, a NR-12 (2019) informa no tópico 12.3 as seguintes diretrizes. Todo circuito elétrico implementado no equipamento deve ser projetado por meios seguros, garantindo a prevenção de choques elétricos, incêndios, explosão e outros tipos de acidentes.

Referente ao sistema de partida, acionamento e parada o tópico 12.4 informa que é necessário conter requisitos mínimos. Não podem ser instalados em zonas perigosas, que possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não for o operador. Não seja acionado ou desligados de forma não intencional e involuntária e, que se dificulte a burla.

Com o embasamento dos tópicos anteriores da norma deve-se projetar os sistemas de segurança. Todas as zonas de perigo do equipamento devem possuir sistema de segurança, podendo ser fixos, móveis ou interligados. Quando utilizadas proteções deve-se respeitar a normativa das distâncias mínimas e acesso de membros (NR-12,2019).

### 2.3 MÉTODO DE ANÁLISE DE RISCO VIA ABNT NBR 14153:2013

Para realizar a adaptação do equipamento é necessário elaborar um levantamento das zonas de riscos, para isso é necessário utilizar a norma NBR 14153.

Esta norma indica em seu Anexo B, denominado “Guia para seleção de categorias”, que a norma pode ser utilizada como uma base para o projetista ter uma classificação dos locais, com maiores riscos e assim tomar as devidas providências.

O método utilizado pela norma tem como base dois princípios, a categoria

de segurança e a classificação do risco (NBR 14153, 2013).

A classificação de risco é dividida em: severidade do ferimento (representada por S); frequência e tempo de exposição ao perigo (F) e possibilidade de evitar o perigo (P).

Sendo que severidade do ferimento é classificada em dois níveis S1 e S2, onde respectivamente são tratadas como, apenas ferimentos leves reversíveis ou ferimentos sérios, irreversíveis, causando até a morte.

A classificação do tempo de exposição não contempla uma tabela ou parâmetros exatos, uma estimativa deve ser realizada pelo projetista do equipamento levando em conta o tempo de acesso ao equipamento. A norma exemplifica em duas maneiras para auxiliar na escolha do parâmetro F, onde o operador se faz necessário o acesso durante a operação para regulagem de ferramenta, alimentação ou movimentação se classifica como F2. Se o acesso for somente quando o equipamento terminar sua operação ou de tempos em tempos se classifica como F1 (NBR 14153, 2013).

O parâmetro (P) é a indicação dos perigos que podem ser visualizados no equipamento e se é possível evitá-los antes de levar a um acidente. Para o levantamento a norma informa alguns parâmetros a serem analisados, a operação do equipamento é realizada com a supervisão de um operador, caso o operador é qualificado tecnicamente, o perigo se apresenta de uma maneira previsível ou imprevisível, se há possibilidade de evitar o perigo, como por exemplo fuga do local ou um terceiro externo intervir no equipamento e por último se o operador possui ou não experiência prática de segurança relativa ao processo (NBR 14153, 2013).

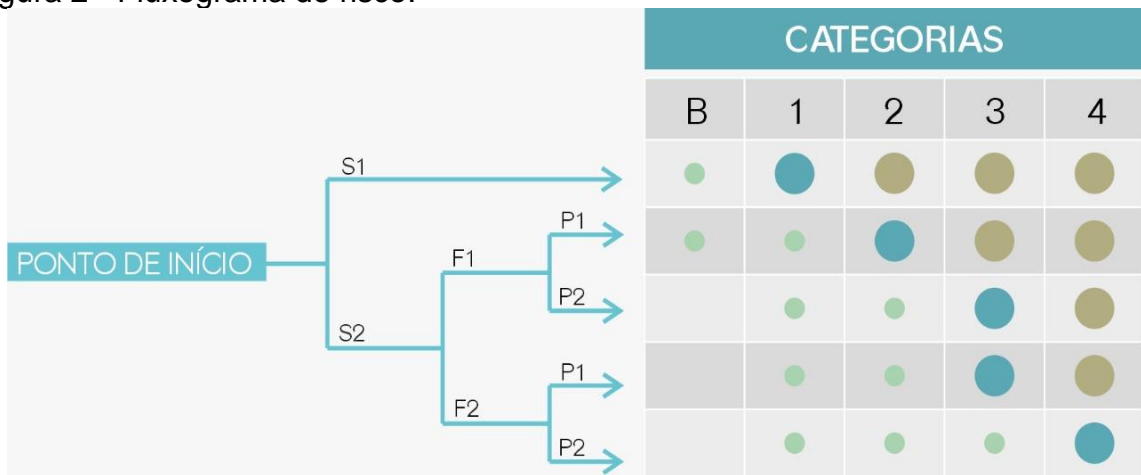
As categorias de segurança são divididas em cinco, sendo elas: B, 1, 2, 3 e 4. Onde a categoria B solicita que os equipamentos de segurança sejam projetados e construídos para resistirem a fadiga operacional, influência do material utilizado e outros agentes externos como vibrações, queda de energia e afins (NBR 14153, 2013).

Conforme MTE (2015), NBR 14153 (2013) e ABIMAQ (2016), a categoria 1 é embasada em todos os requisitos da categoria B, contudo com a utilização de métodos hidráulicos ou eletromecânicos. A categoria 2 prevê a necessidade de verificação do sistema de segurança sendo no início e no decorrer do processo. E as

categorias 3 e 4 são a junção de sistemas elétricos e eletrônicos para a detecção de defeitos durante a operação do equipamento. Para que seja possível a parada do equipamento antes da perda do sistema de segurança.

Na Fig. 2 é demonstrado o fluxograma para montagem da análise de risco.

Figura 2 - Fluxograma de risco.



Fonte: Adaptado de ABIMAQ (2016)

Como visto na Fig. 2, o fluxograma se inicia analisando a severidade do ferimento, onde deve se optar pelo nível de severidade “S1” ou “S2”. Em seguida se for optado pelo nível “S1” deve-se realizar a categorização. Caso for “S2” é realizado a escolha da frequência de exposição “F1” ou “F2” e, por fim a possibilidade de evitar o acidente classificadas como “P1” ou “P2”. Junto a isso é analisado as categorias de segurança necessárias, para evitar todas as classificações anteriormente analisadas (ABIMAQ, 2019) (NBR 14153, 2013).

#### 2.4 METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO HRN – HAZARD RATING NUMBER

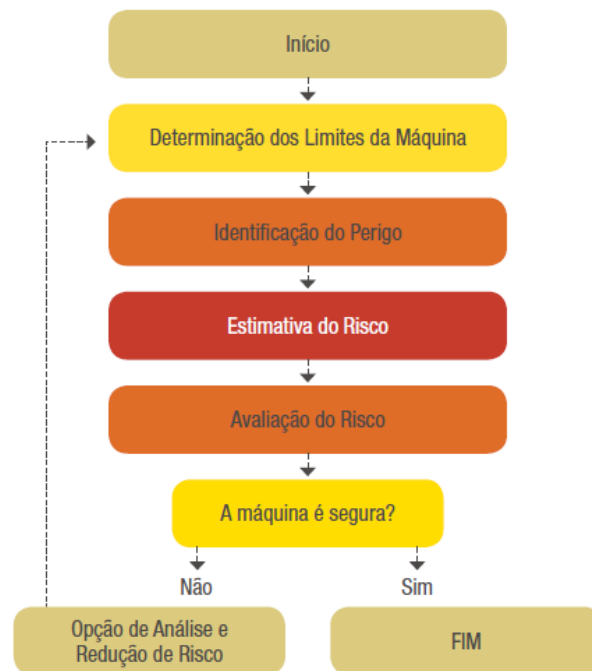
A metodologia HRN é indicada para realizar uma priorização das ações a serem tomadas referente a segurança do equipamento. Contudo ela não é utilizada para categorização dos riscos. Esta metodologia tem como base os passos lógicos da NBR ISO 12100:2013 que pode ser analisado a seguir na Fig. 3 (MTE, 2015).

Após a etapa de identificação dos riscos e perigos se faz necessário a realização da estimativa de risco. Para isto é necessário levar em consideração os

aspectos a seguir: severidade do dano e a probabilidade de ocorrência do dano. A severidade do dano pode estar relacionada a pessoas, propriedade ou ao meio ambiente, quando relacionada a pessoas é analisado a dimensão do dano causado, tais como ferimentos leves e reversíveis, ferimentos graves e irreversíveis ou morte. Em seguida é analisado a extensão deste risco e se o mesmo atinge somente uma pessoa ou várias.

E por último é analisado a probabilidade de ocorrência do dano, que tem como base a frequência e duração de exposição e a probabilidade da ocorrência de eventos de riscos. Ambas as análises devem ser realizadas para todos os riscos encontrados no equipamento, sendo assim analisado individualmente e classificado (MTE, 2015).

Figura 3 – Esquema do processo de apreciação de risco.



Fonte: Baseado MTE (2015)

A análise, deve-se ser acompanhada pela Eq. 1, que quantifica numericamente os riscos.

$$CI = Se \cdot Fr \cdot Pr \cdot NP \quad (1)$$

Onde “Se” é a severidade do dano, “Fr” a frequência de exposição, “Pr” probabilidade de ocorrência do dano, “NP” número de pessoas expostas e “Cl” classe de risco, sendo que é a multiplicação de todos os fatores anteriores, que são embasados nas Tab.1, Tab. 2, Tab. 3, Tab. 4 e Tab. 5.

Tabela 1: Valores relacionados a severidade dos danos.

<b>Dano</b>	<b>Severidade – Se</b>
Morte	15
Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (irreversível)	8
Perda de 1 membro/olho ou doença grave (temporária)	4
Fratura – ossos importantes ou doença leve (permanente)	2
Fratura – ossos menores ou doença leve (temporária)	1
Laceração/Efeito leve na saúde	0,5
Arranhão/Contusão	0,1

Fonte: MTE (2015)

A Tab. 2, a seguir, é referente aos valores de frequência de exposição ao risco considerado.

Tabela 2: Valores relacionados a frequência de exposição ao risco.

<b>Frequência de Exposição ao Risco</b>	<b>Fr</b>
Constantemente	5
Horário	4
Diariamente	2,5
Semanal	1,5
Mensal	1
Anual	0,2
Raramente	0,1

Fonte: MTE (2015)

A seguir na Tab. 3, temos os valores relacionados à probabilidade de ocorrência do dano considerado.

Tabela 3: Valores relacionados probabilidade de ocorrência do dano.

<b>Probabilidade de Ocorrência do Dano</b>	<b>Pr</b>
Certamente	15
Esperado	10
Provável	8
Alguma chance	5
Possível	2
Não esperado	1
Impossível	0,03

Fonte: MTE (2015)

A Tab. 4 abaixo, refere-se aos valores relacionados ao número de pessoas expostas ao perigo considerado.

Tabela 4: Valores relacionados ao número de pessoas expostas ao risco.

<b>Número de Pessoas Expostas</b>	<b>NP</b>
Mais de 50 pessoas	12
16-50 pessoas	8
8-15 pessoas	4
3-7 pessoas	2
1-2 pessoas	1

Fonte: MTE (2015)

Após encontrar o valor da classe de risco é necessário analisar a Tab. 5, que informa o grau do risco de cada ponto encontrado no equipamento em análise.

Tabela 5: Valores de HRN, com classificação do risco.

<b>HRN</b>	<b>Risco</b>	<b>Descrição</b>	<b>Ação</b>
0 – 5	Insignificante	Oferece um risco muito baixo para a segurança e saúde	Nenhuma ação requerida
5 – 50	Baixo, porém significativo	Contém riscos necessários para a implementação de medidas de controle de segurança	Melhoria recomendada
50 – 500	Alto	Oferece possíveis riscos, necessitam que sejam utilizadas medidas de controle de segurança urgentemente	Necessária ação de melhoria
500+	Inaceitável	É inaceitável manter a operação do equipamento na situação que se encontra	Necessária ação de melhoria

Fonte: MTE (2015)

A vantagem do método HRN é que o mesmo lhe permite quantificar os riscos e assim realizar as devidas providências.

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Apresentam-se aqui as atividades que foram necessárias para realizar este estudo.

### 3.1 IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO

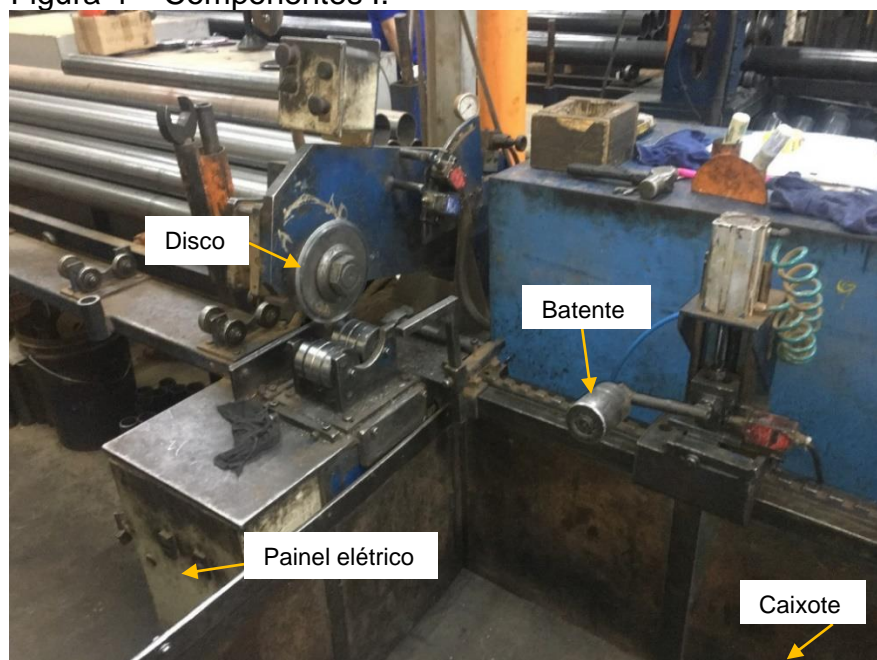
Realizou-se a identificação e verificação do estado atual do equipamento a ser estudado. Verificando o método de funcionamento, como os operadores realizam o abastecimento, bem como, o local onde está instalado e seus arredores.

Observou-se que o equipamento é utilizado para realização de corte de tubos metálicos, com uma variação de diâmetro de  $\varnothing$  50,8 a  $\varnothing$  76,2 e espessuras de 1,5 mm a 6,35 mm. O abastecimento é realizado manualmente pelo operador, juntamente com o avanço longitudinal do tubo, onde é controlado por um batente de regulagem.

Seu funcionamento é baseado utilizando um disco de chapa girante, fabricado em SAE 4340 temperado e revenido, onde é pressionado contra o tubo através de um pistão hidráulico, devido a força aplicada juntamente com a rotação, o tubo sofre um corte a frio, ultrapassando a tensão cisalhamento do aço SAE 1020 utilizado nos tubos.

Após o corte, o tubo cai em um caixote metálico, onde é recolhido pelo operador e acondicionado em um palete de madeira. Na Fig. 4, podemos analisar cada elemento descrito anteriormente.

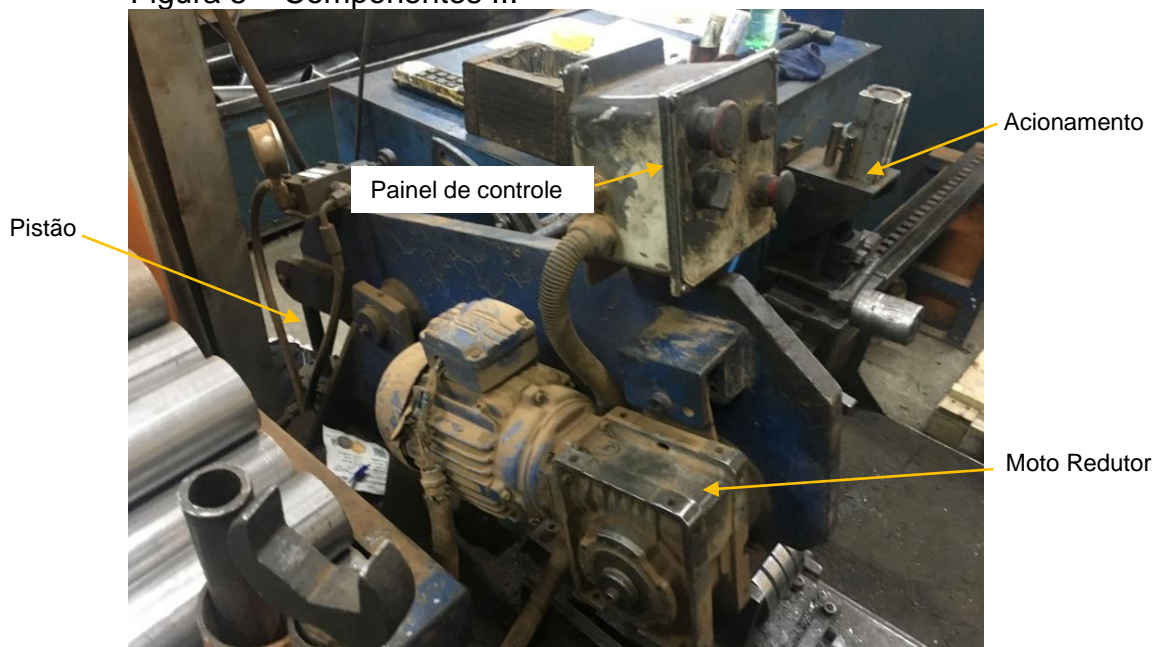
Figura 4 – Componentes I.



Fonte: do Autor (2020)

O movimento de giro do disco, é controlado através de um moto redutor instalado diretamente no eixo deste. Já o controle de descida é realizado por um pistão hidráulico e é controlado por uma válvula direcional e dois fins de curso, que possuem regulagem, devido a variação dos diâmetros. O sistema de batente possui um acionamento pneumático, para controle de subida e descida do guia. Onde o mesmo desce para regular o comprimento do tubo e assim que iniciado o corte ele sobe para não ficar em contato, repetindo o ciclo a cada tubo cortado. Na Fig. 5, os elementos anteriormente descritos.

Figura 5 – Componentes II.



Fonte: do Autor (2020)

Em conjunto com o sistema mecânico, temos os controles elétricos. Conforme Fig. 5 o painel de controle está instalado próximo ao moto redutor e o disco, sendo que todo o conjunto se movimenta durante o processo de corte. Mais abaixo como mostrado na Fig. 4 é possível observar a painel elétrico do equipamento.

O equipamento está instalado na seção de corte de tubos e eixos. O local não possui sinalizações ou demarcações de segurança, a região de armazenamento do produto acabado não está definida ou clara, podendo-se notar também materiais alocados na região de circulação.

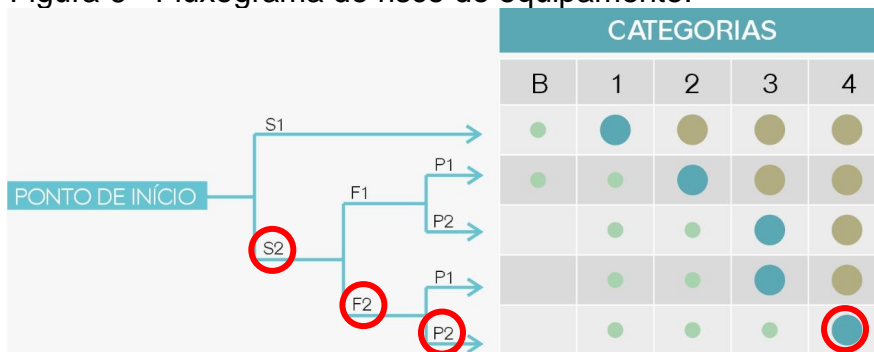
### 3.2 ANÁLISE DE RISCO VIA ABNT NBR 14153:2013

Para realização da análise de risco, conforme ABNT 14153:2013, iniciamos analisando a severidade dos ferimentos que o equipamento pode causar. Como o objeto de estudo não possui nenhuma proteção de segurança na região de corte, é possível que o operador tenha ferimentos irreversíveis, tais como amputação de membros, ocasionada pela rotação e o disco de corte. Desta forma é categorizado como fator S2, ferimentos sérios irreversíveis. Sendo assim avançamos na parte inferior do fluxograma.

Após a escolha da severidade, temos duas opções de escolha referente ao tempo de exposição. Como descrito na ABNT 14153:2013 não existe um padrão de tempo para esta classificação. Contudo, analisando a operação do equipamento, pode-se observar que o operador está em contato com o equipamento em todas as fases, sendo elas, alimentação, corte, retirada do material e avanço da alimentação. Neste ponto é classificado como nível F2, frequente a contínuo.

Dando continuidade no fluxograma, é necessário avaliar a possibilidade de evitar o perigo. É levado em consideração a possibilidade do operador realizar a fuga do local, algum terceiro desativar a máquina e entre outros parâmetros. No equipamento em estudo, o risco não é previsível, o desligamento por um terceiro e a fuga do local ficam impossibilitadas, devido ao local de instalação do equipamento e dos materiais alocados próximos ao mesmo. Sendo assim classificado como P2, quase nunca possível a possibilidade de evitar o perigo. Conforme Fig. 6, é possível analisar o progresso de seleção.

Figura 6 - Fluxograma de risco do equipamento.



Fonte: Adaptado de ABIMAQ (2016)

Com a avaliação anterior realizada, considerando de grande peso o fator S2 - ferimentos irreversíveis, as partes relacionadas à segurança, devem ser projetadas de tal forma que, todos os defeitos e falhas sejam detectados e o acúmulo de falhas não detectadas não pode levar a perda da função de segurança. Uma única falha deve paralisar o sistema e impedir a próxima função. Com isso o equipamento é classificado como categoria quatro.

### 3.3 APRECIÇÃO DE RISCO CONFORME MÉTODO HRN

Tomando como base as etapas definidas pelo método HRN, é necessário seguir os passos definidos na Fig. 3, em cada limite e local definido pelo projetista. Para este trabalho o equipamento foi dividido em seções conforme NR-12 juntamente com a enumeração para facilitar a análise, como demonstrado na Tab. 6.

Tabela 6: Seções do equipamento.

<b>Descritivo</b>	<b>Seção</b>
Arranjo físico das instalações gerais	01
Arranjo físico das instalações elétricas	02
Dispositivos de partida, acionamento e parada geral	03
Sistema de segurança	04
Dispositivo de parada de emergência	05
Manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo e limpeza	06
Sinalização, manuais, procedimentos e capacitação	07

Fonte: do Autor (2020)

Em cada seção foi realizado o levantamento da classe de risco de acordo com o método HRN, sendo tal análise realizada em conjunto com outros profissionais qualificados, desta forma obtendo-se uma visão mais ampla da classificação de risco e não somente de um profissional. Conforme MTE (2015), após a definição da classe de risco, se o resultado apresentar risco é necessário levantar as possíveis melhorias para readequação da classe e desta forma ser reclassificada como segura.

Na Tab. 7, pode-se obter o HRN atual do equipamento. Após uma análise individual de cada seção, as considerações gerais para melhoria foram as seguintes:

- Instalação de sinalizações, em vias de acesso e movimentação
- Substituição do painel elétrico, adequado a NR-10 e NR-12
- Aplicação de um sistema de *reset/rearme*

- Instalação de proteções fixas e móveis em todas as seções de risco
- Incluir bloco hidráulico de segurança e válvula pneumática
- Mudança do local do botão de emergência e instalação do modelo adequado a NR-12.
- Instalações de chaves seccionadoras de bloqueio geral do equipamento e das partes elétricas

Tabela 7: Classe de risco geral.

Seção	Se	Fr	Pr	NP	HRN	Classe de Risco
01	4	5	2	1	40	Baixo, porém significativo
02	4	5	5	1	100	Alto
03	4	5	8	1	160	Alto
04	8	5	10	1	400	Alto
05	4	5	8	1	160	Alto
06	8	1,5	8	1	96	Alto
07	4	5	5	1	100	Alto
<b>Média geral do equipamento:</b>					<b>150</b>	<b>Alto</b>

Fonte: do Autor (2020)

Com as devidas modificações a classificação do equipamento é apresentada na Tab. 08 onde o mesmo deve estar na faixa de 0 á 5, apresentando um risco baixo a saúde do operador e terceiros.

Tabela 8: Classe de risco geral adequada.

Seção	Se	Fr	Pr	NP	HRN	Classe de Risco
01	0,5	5	1	1	2,5	Insignificante
02	4	1,5	0,03	1	0,18	Insignificante
03	2	2,5	1	1	5	Insignificante
04	1	4	1	1	4	Insignificante
05	1	5	1	1	5	Insignificante
06	4	1	1	1	4	Insignificante
07	1	5	1	1	5	Insignificante
<b>Média geral do equipamento:</b>					<b>4</b>	<b>Insignificante</b>

Fonte: do Autor (2020)

Analisando a Tab. 07, é possível verificar que com todas as adequações solicitadas o equipamento está na faixa de segurança solicitada pela NR-12. Desta forma sendo possível a alteração deste.

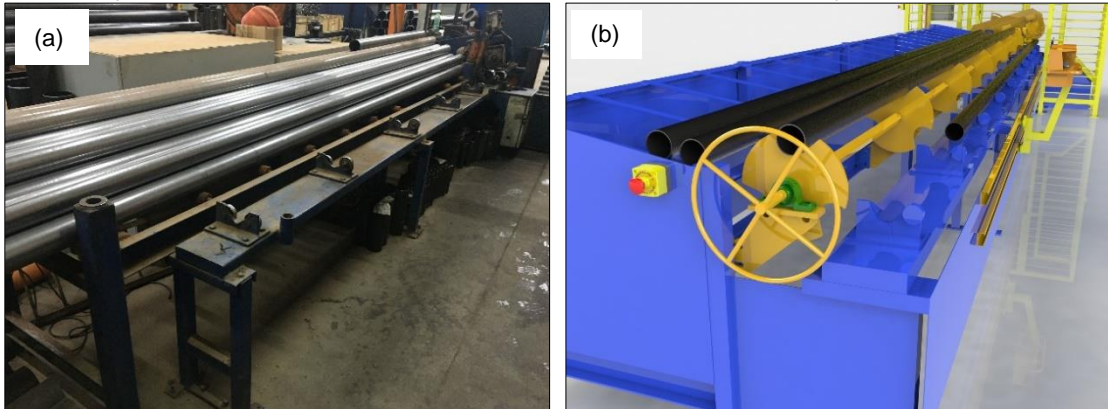
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa serão apresentados os modelamentos realizados no *SolidWorks*®, visando a adequação do equipamento em estudo para a norma regulamentadora NR-12, juntamente com um levantamento do custo para realização da adequação.

### 4.1 MAGAZINE DE TUBOS.

Conforme a NR-12 (2019) é necessário a realização de medidas protetivas individuais e coletivas. Desta forma foi realizado a alteração do magazine de alimentação de tubos. Visando o fácil manejo da barra de tubo, para sair da área de armazenagem para a base de alimentação, sem que o operador necessite entrar em contato com o material. Conforme Fig. 7 (a) é possível observar o equipamento original, já na Fig. 7 (b) é apresentado o novo projeto.

Figura 7 – Comparação entre sistema antigo e novo de armazenamento e alimentação de tubos. Sistema atual (a), projeto de adequação (b).



Fonte: do Autor (2020)

Para o modelamento do magazine, tomou como base, barras de tubos padrão com  $\varnothing 76,2$ , espessura 6,35 mm e comprimento 6100 mm. Totalizando um peso por barra de aproximadamente 68 kg. Prevendo também tubos com comprimentos menores, foi utilizado o espaçamento entre os apoios de 1000 mm. Juntamente com mancais do modelo P205, com rolamento rígido de esferas com

capacidade de carga estática 7,85 kN conforme (NSK, 2020). O local de armazenamento de tubos, possui uma inclinação de 8,5°, facilitando a operação.

Com a nova atualização do magazine, é possível que o tubo fique totalmente na parte interna do equipamento, sem que ultrapasse os limites de segurança. Desta forma mantendo o operador e os arredores do equipamento seguros. O método de alimentação foi baseado em máquinas já existentes no mercado, que utilizam conceitos semelhantes. Contudo para esta aplicação, foi idealizado que o sistema de giro seja manual, para redução de custo e que as alterações sejam mínimas em todo o equipamento.

## 4.2 PROTEÇÕES METÁLICAS

Neste tópico, será abordado as proteções metálicas necessárias para adequação. Sendo que o modelamento destas proteções seguiram as determinações listadas a seguir, conforme NR-12 (2019).

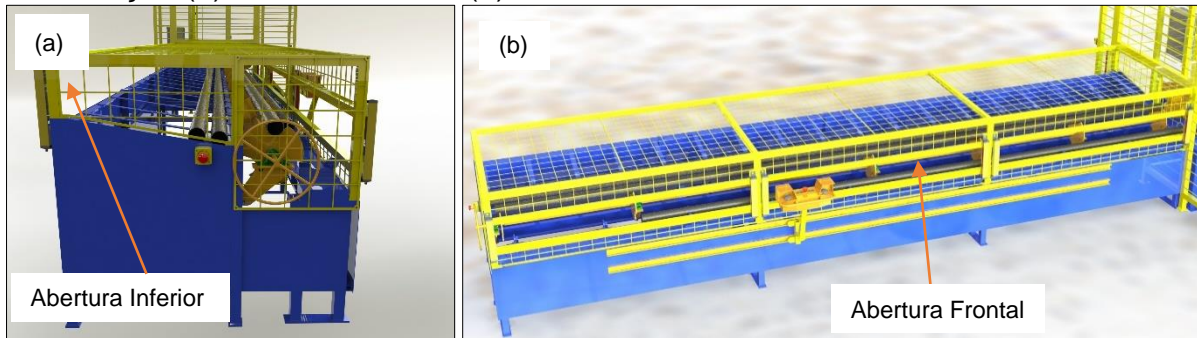
- Ser resistente a tentativas de burla;
- Modalidade fixa, sendo assegurada por elementos de fixação.
- Distância mínima de 120 mm e sistema de tela com abertura máxima de 30 x 30 mm, impedindo acesso de membros superiores às zonas de perigo, tais como, dedo até articulação com a mão, conforme NBR NM-ISO 13852 (2013).
- Cor amarela, conforme determinação da NBR 7195 (2018).
- Para regiões com aberturas superiores, foi utilizado a distância mínima de 500 mm da zona de risco e altura da proteção de 2000 mm, conforme NBR NM-ISO 13852 (2013).

### 4.2.1 Proteção metálica para o magazine de tubos

O processo de adequação de equipamentos a norma NR-12, consiste em proteger e evitar acidentes com o operador, mesmo havendo intenção. Neste caso, foi realizado o modelamento das proteções metálicas, que abrange o momento da alimentação do tubo até momento em que o equipamento está realizando o corte. O

projeto prevê duas aberturas, na região frontal e na inferior, ambas para que o operador possua acesso ao tubo. A proteção é demonstrada na Fig. 8.

Figura 8 – Proteção metálica para magazine de tubos. Abertura inferior para alimentação (a), abertura frontal (b).



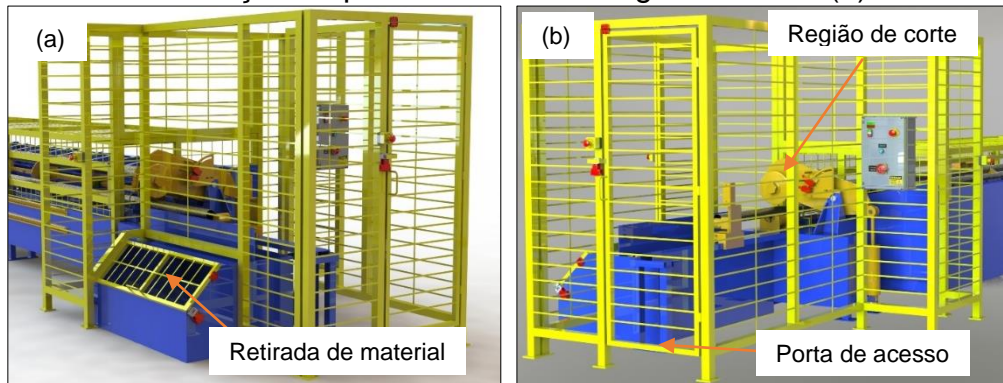
Fonte: do Autor (2020)

Este modelo de proteções com aberturas, se torna útil por ser simples e não necessitar de portas ou proteções moveis, desta forma evitando o uso de mais sensores no equipamento. Essa forma de proteção é utilizada em equipamentos que necessitam da interação do operador com o material, para alimentação ou retirada, tais como dobradeira e prensa hidráulica. Conforme ABIMAQ (2012), neste caso é admissível a utilização dos acessos, conforme projetos apresentados em seu manual. Contudo, deve-se trabalhar em conjunto com sensores óticos descritos no tópico 4.4 deste estudo.

#### 4.2.2 Proteção metálica para região de corte

Outro ponto do equipamento que necessitou implementação de proteções fixas é a região de corte e regulagem. Neste ponto do equipamento foi analisado as seguintes necessidades: acesso para troca de disco de corte, regulagem do batente, retirada do tubo cortado e manutenção geral. Sendo que a manutenção geral, prevê o acesso ao pistão hidráulico e pneumático e todos os elementos mecânicos. A troca de disco ocorre com uma baixa frequência, contudo, a regulagem do batente é necessária em todas as mudanças de comprimento de corte de tubo, sendo em média de 100 mm a 800 mm. Considerando estes pontos foi idealizado a proteção apresentada na Fig. 9.

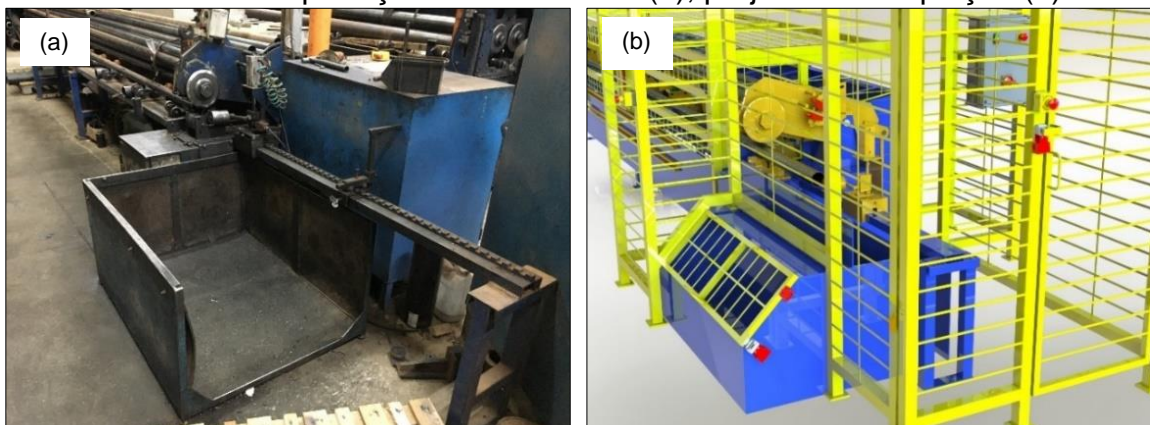
Figura 9 – Proteções metálicas para região de corte e retirada de material. Proteção na região de retirada de material e parte frontal (a), proteção na parte inferior e localização da porta de acesso à região de corte (b).



Fonte: do Autor (2020)

Para esta proteção, foi modelado um sistema de armazenamento para os tubos cortados, juntamente com a porta de acesso. O sistema de armazenamento de tubos, consiste em uma caixa metálica inclinada juntamente com uma porta de acesso articulável. Desta forma o operador não tem acesso sem que ultrapasse qualquer proteção. Na Fig. 10 (a), é apresentado o sistema existente, onde a retirada do material cortado está sem proteções e a região de corte exposta. Já na Fig. 10 (b) é apresentado o sistema de proteção, juntamente com a caixa de armazenamento.

Figura 10 – Comparação entre região de corte e retirada do material sem proteções e o novo modelo de proteção. Sistema atual (a), projeto de adequação (b).



Fonte: do Autor (2020)

Nesta região o enclausuramento prevê a segurança do operador e principalmente aos demais colaboradores que irão circular ao redor do equipamento,

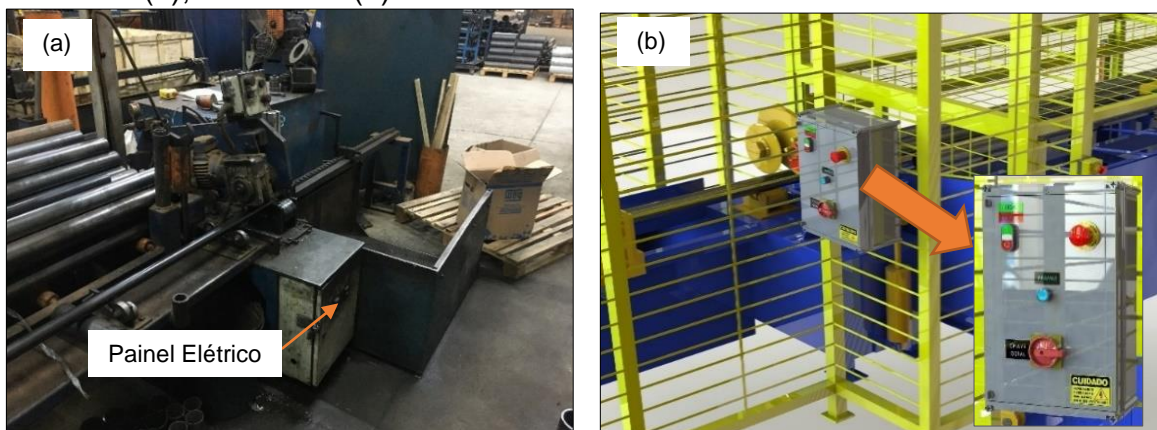
juntamente com a proteção do equipamento em si, contra colisões externas, de empilhadeiras, materiais transportados em ponte rolantes e afins.

Este sistema é utilizado em máquinas como desbobinadeira e endireitadeira. Como apresentado em ABIMAQ (2012) e sua funcionalidade comprovada.

### 4.3 ARRANJO ELÉTRICO

Conforme os resultados apresentados no tópico 3.3, onde foi realizada a apreciação de risco, confirmou-se a necessidade de um ajuste em todo o sistema elétrico do equipamento. Pois o mesmo se encontra próximo a zona de corte. Com base nesta alteração é possível observar na Fig. 11 (a) o local original do sistema elétrico. Para garantir a segurança e atender os requisitos, o painel foi fixado na região externa da proteção, como visto na Fig. 11 (b).

Figura 11 – Alteração do local de instalação do painel elétrico, para região segura. Local atual (a), novo local (b).



Fonte: do Autor (2020)

Com a mudança do painel elétrico para parte externa do equipamento, é possível intervenção no equipamento, sem a necessidade do acesso interno. A altura de instalação, permite que todos os componentes sejam acessados e de fácil visualização. Juntamente com a alteração do local do painel elétrico, é necessário a troca total do painel. Sendo que o novo deve possuir botões de liga e desliga, parada de emergência, reset do sistema, chave geral e sistema CLP de segurança. Todos esses componentes com tripla camada de segurança conforme descrito no tópico 3.2

atendendo aos requisitos mínimos determinados por ambas as normas NR-10 (2019) e NR-12 (2019).

#### 4.4 SISTEMA DE SEGURANÇA E PARADA DE EMERGÊNCIA

Todo equipamento deve possuir sistema de segurança sendo ele elétrico ou mecânico, juntamente com a possibilidade de parada total ou de emergência do equipamento conforme NR-12 (2019). Com base neste princípio, foi realizado a implementação de cortinas de luz, botões de emergência, chaves de intertravamento e comando de acionamento bi manual.

Para a proteção na região inferior do equipamento que consiste na abertura de alimentação do magazine. Foi implementado a cortina de luz, para que caso algum agente externo realize a tentativa de burla, todo o sistema é cortado e entra em modo de parada total, a abertura inferior pode ser visualizada na Fig. 8.

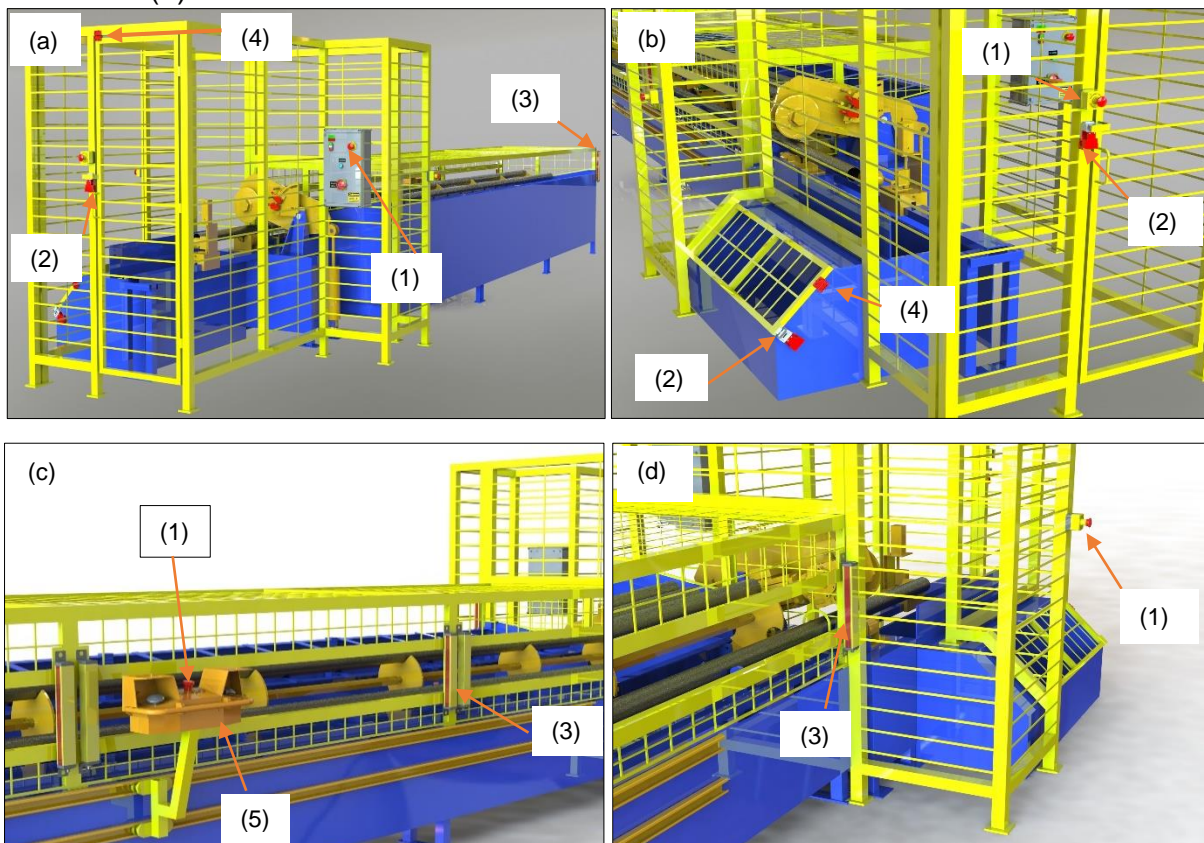
Na região frontal do equipamento, teve-se a necessidade de admitir três aberturas para que o operador realizasse o avanço do tubo. Desta forma, para atender os requisitos mínimos de segurança foi implementada a cortina de luz com uma resolução de 14 mm, atendendo a distância mínima recomendada na NBR NM-ISO 13852 (2013). Juntamente com o sistema de comando bi manual do equipamento, garantido que o operador esteja com as duas mãos no comando, no momento de corte conforme recomendações NR-12 (2019) e ABIMAQ (2012).

No local de retirada do material e porta de acesso foi implementado um sistema de segurança duplo que consiste em; chave de intertravamento e sensores magnéticos. Desta forma, mesmo que um entre em falha, o outro manterá a segurança. Juntamente com todos os sensores e chaves é necessário a implementação de botões de emergência, levando em conta as seguintes premissas, fácil acesso ao operador e a colaboradores externos, parada total do equipamento e identificação em português.

Na análise realizada, constatou que o equipamento original possui somente um botão de emergência, localizado na parte superior da região de corte, sem identificação e de difícil acesso.

Com base nas determinações da NR-12 (2019), foi projetado a implementação de seis botões de emergência, localizados em regiões estratégicas e de fácil acesso. Sendo elas na região frontal com o total de dois, outro ao lado do volante do magazine, dois na região inferior do equipamento e o último ao lado da porta de acesso geral do equipamento. Conforme representado na Fig. 12. Para a proteção do sistema pneumático e hidráulico deve-se instalar válvulas de segurança para ambos os sistemas, para garantir que qualquer sobrecarga ou falha no sistema esteja protegida.

Figura 12 – Representação do sistema de segurança juntamente com a localização dos elementos de segurança. Região inferior (a), porta de acesso e retirada de material (b), acionamento e controle (c) e (d). Elementos são; Botões de emergência (1), chave de intertravamento (2), cortina de luz (3), sensor magnético (4) e comando bi manual (5).



Fonte: do Autor (2020)

Para a instalação do comando bi manual, se fez necessário a criação de uma base móvel, prevendo a movimentação do comando juntamente com a redução do tamanho da barra de tubo em cada corte. Desta forma, não havendo a necessidade

de deslocamento do operador. Sistema esse, baseado em equipamentos de dobra e prensa, que possuem a mesma necessidade de segurança ABIMAQ (2012).

#### 4.5 REAVALIAÇÃO DOS RISCOS

Com a implementação de todo o sistema de segurança, é necessário realizar uma nova análise do nível de segurança do equipamento, por ambos os métodos. HRN e NBR 14153. Levando em conta que será realizado a adequação do *layout* onde o equipamento está instalado, treinamento dos operadores, criação do manual de operação e manutenção, identificação e faixas de segurança. Com a nova análise via HRN obtivemos um resultado abaixo de cinco, que é determinado como risco insignificante. Sendo assim tivemos um ganho de segurança em todas as seções apresentadas de aproximadamente 97%, em comparação com o sistema atual.

#### 4.6 CUSTO PARA ADEQUAÇÃO

Para realização da adaptação da NR-12 foi levantado a questão sobre o custo dela, se é viável realizar toda a adequação ou comprar um equipamento novo. Sendo assim é apresentado na Tab. 9 o custo médio para realização desta adequação, apresentada neste estudo.

Tabela 9: Custo de adequação.

<b>Descrição</b>	<b>Custo (Reais)</b>
Materiais mecânicos, tais como tubos, chapas e afins	R\$ 6.899,80
Componentes elétricos, sensores e válvulas	R\$ 28.600,00
Mão de obra (Fabricação mecânica)	R\$ 3.780,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 39.279,80</b>

Fonte: do Autor (2020)

O investimento de adequação é 1/6 do valor de mercado para aquisição de um equipamento novo. Sendo que este valor poderá ser reduzido, caso seja utilizado mão de obra interna juntamente com a reutilização de materiais do estoque da própria empresa.

Desta forma, o investimento para realização da adequação se torna viável. Visto que a própria empresa, tem capacidade de realizar a fabricação das proteções

metálicas e possui profissionais qualificados para tal trabalho. Desta forma, não havendo a necessidade de descarte do equipamento atual.

## **5. CONCLUSÃO**

Este estudo implementado no equipamento de corte de tubos, demonstrou-se que é possível realizar adequações segundo critérios estabelecidos em norma, baseando-se nos requisitos mínimos de segurança. Utilizando como base os métodos de apreciação de riscos, pois os mesmos proporcionam ao pesquisador um caminho a ser seguido.

A implementação das proteções metálicas nas regiões que apresentavam perigo ao operador ou a um agente externo, foram enclausuradas de forma fixa e segura. Contudo foi necessário a aplicação de um acessório elétrico a cortina de luz. Com a utilização da mesma, foi possível a simplificação do processo de alimentação da barra no magazine, juntamente com o avanço na região de corte. Mantendo o tempo de operação semelhante, pois as etapas necessárias se mantiveram, porém, agora asseguradas.

Na questão que se refere a região de corte e retirada de material, o processo de enclausurar e garantir a segurança do operador demonstrou-se seguro, contudo, foi necessário a alteração da caixa de armazenamento. Porém todo o restante do equipamento não necessitou de alterações, desta forma, facilitando a adequação. Como o método HRN, determina quanto maior o valor, menos seguro é o equipamento. A seção apresentada, teve uma redução de 400 para 4, saindo assim da classificação de risco alta para insignificante.

No processo para adequação de equipamentos, se faz o uso de conceitos mecânicos e elétricos visando a melhor forma de adequar e cumprir os requisitos mínimos de segurança. Conforme apresentado, foi necessário a implementação de chaves de intertravamentos elétricas juntamente com sensores magnéticos, para facilitar o controle de proteção de todas as portas do equipamento. Para que assim, mesmo que seja violado mecanicamente existirá ambas as proteções eletroeletrônicas.

O estudo demonstrou que em algumas situações será necessário que o projetista desenvolva acessórios ao equipamento a ser adequado. Neste caso

necessitou-se a criação de um magazine de alimentação. Onde o operador através de um volante, gira o sistema de alimentação e o tubo é depositado na região de corte. Em comparação com o sistema existente manual, o novo apresenta ser mais eficiente e seguro. Pois o método atual depende totalmente de esforço físico do operador e o coloca em grande risco.

Referente a custos, este estudo mostrou que é viável a adequação do equipamento em comparação com a aquisição de um novo, pois a relação adequação e aquisição está em torno de 1/6.

Este projeto terá grande utilidade para empresa em que o equipamento está instalado, pois neste mesmo parque fabril, existem equipamentos semelhantes ao estudado. Deste modo podendo ser aplicado e utilizado como base, para as adequações futuras. Juntamente como base de estudo, para profissionais que necessitem realizar adequações de equipamentos semelhantes no mercado.

Sugestão para trabalhos futuros, validação do projeto por meio de cálculo estrutural e simulação, validando mecanicamente as proteções. Junto com a elaboração do esquema elétrico atendendo as recomendações das normas regulamentadoras NR-12 e NR-10 e à análise referente ao tempo de produção, realizando a comparação antes e depois da adequação, verificando assim se houve queda de produção, juntamente com a verificação do material de sacrificio devido a implementação das proteções.

## **Agradecimentos**

O autor deste artigo agradece à Faculdade SATC e ao professor Adelor Felipe da Costa pelo conhecimento transmitido, pelo apoio e orientações, que foram imprescindíveis para conclusão deste trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

ABIMAQ - Associação brasileira da indústria de máquinas e equipamentos. **Nova NR-12. Manual de instruções da norma regulamentadora NR-12.** SÃO PAULO, 2016.

ABIMAQ - Associação brasileira da indústria de máquinas e equipamentos. **Manual de instruções da norma regulamentadora NR-12.** SÃO PAULO, 2019.

ABNT. **NBR 14153**: Segurança de máquinas - partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - princípios gerais para projeto. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7195**: Cores para segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM-ISO 13852**: Segurança de máquinas - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 12100**: Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABIMAQ (Rio Grande do Sul). Ministério do Trabalho e Emprego (org.). **Manual de segurança em dobradeiras, prensas e similares**. 2012. Elaborada por ABIMAQ. Disponível em: [http://www.abimaq.org.br/comunicacoes/deci/Principios\\_Basicos\\_de\\_sua\\_Aplicacao\\_na\\_Seguranca\\_do\\_Traba](http://www.abimaq.org.br/comunicacoes/deci/Principios_Basicos_de_sua_Aplicacao_na_Seguranca_do_Traba). Acesso em: 25 fev. 2020.

BRASIL. Aida Cristina Becker. Ministério do Trabalho e Emprego (Org.). **Métodos de avaliação de risco e Ferramentas de estimativa de risco utilizados na Europa considerando Normativas Europeias e o caso b**. Brasília, 2015. 70 p. Disponível em: [http://www.sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/risco\\_mte.pdf](http://www.sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/risco_mte.pdf). Acesso em: 02 set. 2019.

ENIT. **Normas Regulamentadoras - português**. 2020. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default>. Acesso em: 02 mar. 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12100**: Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction. 2010.

MANFRED PETER JOHANN (Santa Catarina). Weg Automação. **Segurança Operacional em Máquinas e Equipamentos**. Jaraguá do Sul, 2010. Disponível em: <http://www.motoreletrico.net/upload/WEG-a-seguranca-operacional-em-maquinas-e-equipamentos-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2019.

Ministério do trabalho e emprego. **NR 12**: NR-12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. São Paulo, 2019.

Ministério do trabalho e emprego. **NR 10**: NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. São Paulo, 2019.

Ministério do trabalho e emprego. **NR 35**: NR 35 – Trabalho em Altura. São Paulo, 2014.

NSK, **Catálogo geral de rolamentos**, São Paulo, 2003.

SESI (Brasília). **NR 12 Comentários ao novo texto geral (Portaria nº 916, de 30/07/19)**. 2019. Disponível em: [http://abimaq.org.br/Arquivos/HTML/Documentos/NR12/NR12\\_COMENTADA\\_Portaria%20916%20de%2030%2007%202019.pdf](http://abimaq.org.br/Arquivos/HTML/Documentos/NR12/NR12_COMENTADA_Portaria%20916%20de%2030%2007%202019.pdf). Acesso em: 06 mar. 2020.