

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

VINÍCIUS MAGNUS

**ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS COM BASE NA NR 12, UM ESTUDO DE CASO
EM UMA METALÚRGICA**

São Leopoldo

2021

VINÍCIUS MAGNUS

**ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS COM BASE NA NR 12, UM ESTUDO DE CASO EM
UMA METALÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica, pelo Curso de
Engenharia Mecânica da Universidade do
Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Esp. Ms. Rogério Bueno de Paiva

São Leopoldo

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pela educação que me proporcionaram, mesmo diante de tantas dificuldades, nunca me faltou incentivo para continuar em frente e jamais pensar em desistir.

Agradeço a minha esposa Andreza Silva Machado Magnus, pelo carinho e compreensão durante essa fase do trabalho que tanto exige de tempo e dedicação, agradecer também pelo apoio e contribuição na revisão desse estudo.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação e em especial ao meu orientador, professor Esp. Ms. Rogério Bueno de Paiva, que dedicou parte do seu tempo em me instruir.

Agradeço a empresa Duratex divisão Deca que subsidiou grande parte do curso e a empresa objeto desse trabalho que me abriu as portas e oportunizou a realização desse estudo.

Por fim queria agradecer aos colegas de cursos pela amizade construída ao longo desses anos e a superação diante das dificuldades encontradas.

RESUMO

Este estudo de caso apresenta a avaliação de risco dos perigos relacionados a operação de uma dobradeira hidráulica e de uma guilhotina de chapas metálicas em uma microempresa na região metropolitana de Porto Alegre – RS, frente as atualizações ocorridas na Norma Regulamentadora nº 12 (NR 12), a partir do ano de 2010, e os custos relacionados as adequações de segurança. Para identificação dos perigos associados a operação das máquinas foi realizada uma Análise Preliminar de Risco (APR) e posteriormente cada perigo foi avaliado através da ferramenta HRN (*Hazard Rating Number*), com o propósito de mensurar os danos e consequências que cada perigo gera e, com base nisso, desenvolver medidas de segurança alinhadas a NR 12. Após o projeto de adequação de segurança da dobradeira hidráulica e da guilhotina à Norma Regulamentadora nº 12, foi realizada uma nova avaliação de risco através da ferramenta HRN. Nessa etapa do trabalho, foi verificado que a NR 12 garante níveis aceitáveis de risco, mas, os custos envolvidos para as melhorias necessárias em segurança nessas máquinas continuam elevados. Para a adequação da dobradeira será necessário um investimento de aproximadamente 1,6 vezes o valor da máquina, e para a guilhotina, será necessário investir o dobro do que ela vale no mercado de máquinas usadas, tornando impraticáveis as adequações de segurança à Norma Regulamentadora nº 12 em micros e pequenas empresas.

Palavras-chave: Acidentes no trabalho. Norma Regulamentadora nº 12. Avaliação de risco. Adequação de segurança.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de redução de riscos do ponto de vista do projetista	25
Figura 2 - Seleção de categorias de risco	27
Figura 3 - Dobradeira hidráulica	28
Figura 4 - Martelo e matriz	29
Figura 5 - Cilindro hidráulico.....	29
Figura 6 - Bloco de segurança	30
Figura 7 - Válvula de retenção	30
Figura 8 - Sequência do cisalhamento de chapa em guilhotina	31
Figura 9 - Partes integrantes de uma guilhotina mecânica	31
Figura 10 - Guilhotina mecânica.....	32
Figura 11 - Fluxograma da análise de risco	36
Figura 12 - Diagrama hidráulico e acionamentos do bloco de segurança tipo N	51
Figura 13 - Bloco hidráulico na função de segurança	52
Figura 14 - Bloco de segurança com as válvulas acionadas.....	53
Figura 15 - Representação do bloco de segurança instalado na dobradeira	54
Figura 16 - Monitoramento da zona de prensagem.....	55
Figura 17 - Sistema de proteção optoeletrônico para dobradeiras.....	56
Figura 18 - Pedal com três posições	56
Figura 19 - Pedaleira T2FH.....	57
Figura 20 - Proteção da zona traseira	58
Figura 21 - Chave de intertravamento de segurança	59
Figura 22 - Proteção mordente e martelo.....	72
Figura 23 - Proteção zona frontal inferior	73
Figura 24 – Zonas laterais e traseira da guilhotina protegidas	74
Figura 25 - Chave de intertravamento da porta traseira	75
Figura 26 - Acionamento eletropneumático.....	76
Figura 27 - Cilindro pneumático SMC C-85-N25-100S-B.....	79
Figura 28 - Diagrama pneumático	79
Figura 29 - Bloco pneumático de segurança	80
Figura 30 - Chave eletromagnética	81

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Dobradeira hidráulica	34
Fotografia 2 – Guilhotina	35
Fotografia 3 - Zona frontal da dobradeira	43
Fotografia 4 - Zona lateral dobradeira	44
Fotografia 5 - Proteção zona lateral articulada.....	45
Fotografia 6 - Proteção zona traseira dobradeira hidráulica.....	46
Fotografia 7 - Pedaleira atual da dobradeira hidráulica	57
Fotografia 8 - Pedal de acionamento mecânico	64
Fotografia 9 - Sistema de eixo e biela	65
Fotografia 10 - Cercamento zona traseira da guilhotina.....	66
Fotografia 11 - Pontos de perigo na zona traseira da guilhotina	66
Fotografia 12 - Proteção em tela otis	67
Fotografia 13 - Proteção ineficaz.....	68
Fotografia 14 - Laterais da guilhotina sem proteção	74
Fotografia 15 - Pedal de acionamento mecânico	76
Fotografia 16 – Acionamento do pedal para medição da força	77
Fotografia 17 - Medição da força requerida para acionamento da guilhotina.....	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Acidentes de trabalho no Brasil	21
Gráfico 2 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na dobradeira.....	43
Gráfico 3 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na dobradeira pós adequação.....	59
Gráfico 4 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na guilhotina	63
Gráfico 5 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na guilhotina pós adequação.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definição das categorias de segurança	26
Quadro 2 - Modelo APR	37
Quadro 3 – Probabilidade de ocorrência	38
Quadro 4 - Frequência de exposição	39
Quadro 5 - Grau da possível lesão.....	39
Quadro 6 - Número de pessoas expostas	40
Quadro 7 - Resultados HRN.....	40
Quadro 8 - Análise Preliminar de Risco (APR) dobradeira.....	42
Quadro 9 – Perigo: aproximação de partes móveis contra partes fixas	47
Quadro 10 – Perigo: aceleração e desaceleração da máquina.....	47
Quadro 11 – Perigo: falha no sistema de controle	48
Quadro 12 – Perigo: fluido sob pressão	48
Quadro 13 – Perigo: máquina com partes móveis	49
Quadro 14 – Perigo: substituição de ferramenta (punção e matriz)	49
Quadro 15 - Dados da dobradeira hidráulica.....	50
Quadro 16 - Avaliação dos riscos na dobradeira considerando a implementação das adequações.....	60
Quadro 17 - Comparativo dos riscos antes e depois do projeto de adequação	61
Quadro 18 - Custo de implementação do projeto da dobradeira hidráulica	62
Quadro 19 - Análise Preliminar de Risco (APR) guilhotina	63
Quadro 20 - Perigo: aproximação de partes móveis contra partes fixas	69
Quadro 21 - Perigo: inércia do volante da máquina	69
Quadro 22 - Perigo: falha no sistema de controle	70
Quadro 23 - Perigo: acionamento com pedal mecânico.....	70
Quadro 24 - Perigo: máquina com partes móveis	71
Quadro 25 – Perigo: projeção de partículas ou peças	71
Quadro 26 - Dimensionamento do cilindro pneumático.....	78
Quadro 27 - Avaliação dos riscos na guilhotina considerando a implementação das adequações.....	83
Quadro 28 - Comparativo dos riscos antes e depois do projeto de adequação	84
Quadro 29 - Custo de implementação do projeto da guilhotina	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acidentes do trabalho no Brasil no triênio 2015/2017	20
Tabela 2 - Partes do corpo mais afetadas em acidentes do trabalho.....	22

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APR	Análise Preliminar de Risco
CAT	Comunicação de Acidentes do Trabalho
CID - 10	Classificação Internacional de Doenças
CNAE	Classificação Nacional de Atividade Econômica
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FE	Frequência de Exposição
GPL	Grau da Possível Lesão
HRN	<i>Hazard Rating Number</i>
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
NP	Número de Pessoas Expostas ao Risco
NR	Norma Regulamentadora
PO	Probabilidade de Ocorrência
SEPRT	Secretaria Especial de Previdência e Trabalho
SPE	Secretaria de Política Econômica
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema	13
1.2 Delimitação do Tema	13
1.3 Problema	14
1.4 Objetivos	14
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.4.2 Objetivos Específicos	15
1.5 Justificativa	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Acidentes do Trabalho	17
2.1.1 Acidentes com Máquinas Industriais	18
2.1.2 Estatísticas de Acidente do Trabalho	19
2.2 Legislação	22
2.3 Análise de Riscos	24
2.4 Máquinas	27
3 METODOLOGIA	33
3.1 Caracterização da Empresa e dos Equipamentos	33
3.2 Etapas do Estudo de Adequação à NR 12 da Dobradeira Hidráulica e da Guilhotina	35
3.2.1 Etapa 1 – Categoria de Segurança	36
3.2.2 Etapa 2 – Elaboração da Análise Preliminar de Risco	37
3.2.3 Etapa 3 – Elaboração da Avaliação dos Riscos	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Operação com Dobradeira Hidráulica	41
4.1.1 Zona Frontal da Dobradeira	43
4.1.2 Zona Lateral da Dobradeira	44
4.1.3 Zona Traseira da Dobradeira	45
4.1.4 Avaliação dos Riscos na Dobradeira Hidráulica	46
4.1.5 Proposta de Adequação da Dobradeira Hidráulica	49
4.2 Operação com Guilhotina	62
4.2.1 Zona Frontal da Guilhotina	64
4.2.2 Zona Traseira da Guilhotina	65

4.2.3 Sistema de Transmissão Mecânica.....	67
4.2.4 Avaliação dos Riscos na Guilhotina	68
4.2.5 Proposta de Adequação da Guilhotina	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS.....	87
APÊNDICE A – CHECKLIST DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NR 12 PARA A DOBRADEIRA HIDRÁULICA	92
APÊNDICE B – CHECKLIST DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NR 12 PARA A GUILHOTINA	96

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, ocorrida em meados do século XVIII, deu início ao avanço tecnológico para a consolidação da indústria e o desenvolvimento de máquinas capazes de substituir o trabalho manual realizado por artesãos, acelerando o processo produtivo. O aumento de produtividade e o crescente uso de máquinas desencadeou, além do crescimento econômico, um elevado número de acidentes e doenças do trabalho, causado por máquinas desprovidas de qualquer tipo de proteção e por ambientes de trabalho insalubres.

Ao longo do tempo, tanto a economia quanto os padrões de trabalho sofreram alterações, a classe trabalhadora conquistou muitos direitos desde a primeira Revolução Industrial os quais proporcionaram melhores condições de trabalho. No entanto, isso não tem se mostrado suficiente para cessar os acidentes de trabalho. O Brasil se destaca negativamente ocupando a quarta posição na classificação mundial de países com acidentes fatais de trabalho. De acordo com estatísticas do Observatório Digital de Segurança e Saúde do Trabalho, a cada 3 horas e 44 minutos morre um trabalhador vítima de acidente no Brasil. Estima-se que as doenças ocupacionais e seus agravos impactam em uma perda global de 4% no produto interno bruto (PIB) e países como o Brasil, em desenvolvimento econômico, pode chegar a 10%. (NOGUEIRA, 2018?).

Os acidentes do trabalho causam problemas na vida do trabalhador devido ao sofrimento gerado pelas lesões e traumas psicológicos, além de impactar significativamente na conta da Previdência Social através de pagamentos de auxílio acidente, aposentadoria por invalidez, pensão por morte entre outros. Esses fatos e o crescente aumento nos acidentes em máquinas relacionados ao ambiente de trabalho, motivaram o governo em 2010, a revisar a Norma Regulamentadora nº 12 (NR 12), que trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. (SOUZA, 2014, p. 16 apud PROTEÇÃO, 2013).

A atualização da NR 12 ocorrida em 2010 através da Portaria SIT nº. 197/10, acrescentou aproximadamente 300 itens obrigatórios a norma. A nova redação desta norma definiu referências técnicas e requisitos mínimos na fase de projeto, fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho que envolvem todo o ciclo de vida de máquinas e

equipamentos e sua utilização compreendendo, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, manutenção e até mesmo o descarte. (BRASIL, 2010).

Segundo o Portal da Indústria, a nova redação da norma apresentava aspectos de difícil compreensão, dando margem a diferentes interpretações, o que causava insegurança jurídica. Esses fatos somados a um elevado custo de adequação das máquinas e equipamentos motivaram os representantes da indústria a reivindicar por revisão no texto da norma. De 2010 até o atual momento a NR 12 sofreu treze atualizações. (NR 12..., 2019).

As constantes alterações na norma flexibilizaram o uso de soluções de engenharia alternativas com base em normas técnicas, além de, harmonizar a legislação das normas nacionais com as normas internacionais, desburocratizando as adequações de máquinas e equipamentos, mantendo um equilíbrio social, econômico e garantindo a saúde e segurança dos trabalhadores. (NR 12..., 2019).

1.1 Tema

O tema desse trabalho consiste em um estudo para desenvolver projetos mecânicos na adequação a Norma Regulamentadora nº 12, de uma dobradeira hidráulica de chapas e uma guilhotina com sistema de acionamento de engate por chaveta, em uma microempresa situada na região metropolitana de Porto Alegre – RS. Com isso, busca-se propor soluções que garantam a integridade física dos operadores, inibindo os acidentes durante a operação desses equipamentos.

1.2 Delimitação do Tema

Este estudo consiste no desenvolvimento de projetos mecânicos de sistemas de segurança para atendimento a NR 12, com base na análise e avaliação dos riscos associados a operação de uma dobradeira hidráulica e uma guilhotina de chapas metálicas, de modo a determinar os limites, identificar os perigos e estimar os riscos das máquinas. Não compreende a esse estudo as etapas de projeto, fabricação, arranjo físico, instalações elétricas e instalações que antecederam esse estudo. Ainda, o trabalho parte do pressuposto que demais medidas de segurança estão sendo cumpridas como: uso de equipamento de proteção individual (EPI) e capacitação técnica dos operadores.

1.3 Problema

A revisão da NR 12, ocorrida no ano de 2010, impactou em um elevado custo para a indústria brasileira se adequar à nova legislação. Essa foi a alteração mais significativa entre as normas regulamentadoras nos últimos anos realizadas pelo governo para frear os acidentes do trabalho.

Em julho de 2019 o governo federal anunciou a “modernização” das 36 Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. A NR 12 foi uma das primeiras normas a passar pela atualização conforme a Portaria SEPRT nº. 916/19. Segundo representantes do governo federal, as atualizações das NRs visam regras mais claras de modo a aumentar a competitividade das empresas brasileiras. De acordo com estudo realizado pela Secretaria de Política Econômica (SPE) do Ministério da Economia, que a revisão da NR 12, poderá reduzir até 43,4 bilhões em custos para o agregado da indústria. (BRASIL, 2019).

Diante desses fatos é necessário a realização de um estudo que possa avaliar o impacto na saúde e segurança dos trabalhadores perante a redução das 504 exigências da antiga versão da NR 12, passando agora para 410 na última revisão. Com base nisso, será realizando um estudo de caso em uma dobradeira hidráulica e uma guilhotina de chapas, que em um passado próximo foram responsáveis por uma parcela significativa de lesões em membros superiores. O estudo será realizado através do levantamento de risco imposto pelos equipamentos e na sequência será proposto melhorias de adequação a segurança, em conformidade com a nova revisão da NR 12.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar os riscos e desenvolver projetos mecânicos para adequação de segurança de uma dobradeira hidráulica e de uma guilhotina de chapas metálicas para que atendam aos requisitos da Norma Regulamentadora nº 12.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para atender o objetivo geral deste trabalho, é necessário seguir os seguintes objetivos específicos:

- a) identificar os riscos relacionados a operação da dobradeira hidráulica e da guilhotina de chapas metálicas;
- b) propor soluções de engenharia para atendimento a NR 12 em situações em que as máquinas estejam em desacordo com a norma;
- c) analisar a partir da ferramenta HRN (*Hazard Rating Number*) se as medidas propostas para atendimento da NR 12 serão suficientes para reduzir os riscos a um nível aceitável;
- d) realizar análise de custos para as adequações.

1.5 Justificativa

No curso de graduação em engenharia mecânica são desenvolvidas competências para o exercício de diversas atividades profissionais. A disciplina de Ergonomia e Segurança no Trabalho, promove a capacitação para a análise e aplicação de normas de segurança no trabalho de modo a desenvolver soluções para atendimento aos requisitos legais e avaliar os seus resultados.

Com base nos conhecimentos adquiridos na atividade acadêmica de Ergonomia e Segurança no Trabalho é colocado em questão, se a última revisão realizada na Norma Regulamentadora nº 12 está colocando em risco a segurança do operador de máquinas industriais. A atualização da norma em 2010, aumentou significativamente as exigências relacionadas a todo o ciclo de vida das máquinas e equipamentos, proibindo inclusive, a comercialização de máquinas e equipamentos que não estejam alinhados ao que está disposto na norma.

Antes de ocorrer a revisão na NR 12 em 2010, as máquinas e equipamentos eram produzidos no Brasil sem uma maior preocupação na fase de projeto com a segurança do operador. Muitas dessas máquinas ao se tornarem obsoletas, foram destinadas a leilões que posteriormente equiparam pequenas e microempresas. A partir da revisão da norma as grandes empresas optaram pelo sucateamento de muitas máquinas e equipamentos e aquisição de novos frente a inviabilidade

econômica para a adequação a NR 12. Fato esse que não se estendeu as pequenas e microempresas, o que significa, que ainda há muitos trabalhadores operando máquinas e equipamentos desprovidos de proteções e colocando a sua vida em risco.

Uma das finalidades da última revisão da NR 12 ocorrida em 2019 foi reduzir custos para a indústria na adequação de máquinas e equipamentos. A partir dessa premissa, se justifica este trabalho à medida em que ele visa avaliar se a atualização da NR 12 garante níveis aceitáveis de segurança a valores que sejam viáveis economicamente para pequenos e microempresários na realização das adequações de suas máquinas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico que fundamenta o objetivo desse trabalho.

2.1 Acidentes do Trabalho

Segurança do Trabalho pode ser compreendida como sendo um conjunto de atitudes e comportamentos praticados com a intenção de minimizar os efeitos causados por agentes adversos, além de ser uma função vital que, ao não ser exercida pelas organizações compreende uma grave falha conceitual e estratégica. (CARDELLA, 2016).

A ciência que age para coibir e prevenir os acidentes de trabalho oriundos de riscos operacionais é definida como Segurança do Trabalho. Os acidentes de trabalho podem ser entendidos sob dois aspectos diferentes, o legal e o prevencionista. O acidente do trabalho em termos legais é quando o trabalhador sofre alguma lesão ou distúrbio funcional no exercício de atividade a serviço da empresa, isso pode lhe causar a morte ou incapacidade parcial ou total para desempenhar as suas funções no trabalho. Do ponto de vista prevencionista, os acidentes do trabalho vão além do aspecto legal, eles compreendem os quase-acidentes e os acidentes que não provocam ferimentos, mas causam prejuízos materiais e dispêndio de tempo. (SALIBA, 2013).

O conjunto de ações e procedimentos para atuação preventiva dos acidentes do trabalho, doenças ocupacionais e a continuidade do processo produtivo fazem parte dos atributos da Segurança do Trabalho. As medidas técnicas preventivas utilizadas para a segurança do trabalho envolvem aspectos de engenharia, administrativos, médicos, educacionais e comportamentais. (MARCONDES, 2016).

De acordo com o art, 19 da Lei nº 8.213/91, “[...] acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa, [...] provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho”. (BRASIL, 1991).

A cultura presente em muitas das empresas brasileiras age em relação a saúde e segurança no trabalho ora propiciando, ora vetando e impossibilitando a implementação de ações voltadas ao aperfeiçoamento das instalações, impedindo

aos trabalhadores ambientes mais saudáveis com condições melhores direcionadas a saúde e segurança no trabalho. (OLIVEIRA, 2003).

Para Chiavenato (2008), empresas de ponta tratam a questão dos acidentes do trabalho com extrema seriedade, orientando as suas áreas de Higiene, Saúde e Medicina do Trabalho. Instituído em suas equipes a cultura da prevenção de acidentes.

Os acidentes de trabalho e os prejuízos causados em sua decorrência, deveria estar sendo discutido por empresas já há bastante tempo. Políticas e a consciência empresarial em segurança do trabalho, voltada para a prevenção de acidentes de trabalho, determinam a saúde financeira de uma organização e apontam se ela é viável economicamente. O objetivo de qualquer empresa é obter lucro através da sua atividade produtiva, porém, o seu maior propósito deve ser fazer isso de forma segura preservando a vida humana. (RIBEIRO, c2010).

2.1.1 Acidentes com Máquinas Industriais

No ano de 1990, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade foi lançado com o objetivo de capacitar a indústria nacional para a concorrência internacional decorrente da abertura comercial do mercado brasileiro para o mundo. Para isso, foi necessário a modernização do parque fabril das indústrias, a qual gerou uma disponibilidade no comércio de máquinas usadas, obsoletas e perigosas, e com isto, o problema e responsabilidade com a segurança do trabalho foi transferida. Não há um comprometimento do comércio com a prevenção dos acidentes que ocorrem na indústria e sob o ponto de vista legal, não há meios para obriga-los a isso. (MENDES, 2001).

De acordo com Lida (2005), a indústria moderna se caracteriza pela complexidade de seus processos produtivos, onde muitos pontos vulneráveis surgem com ampla possibilidade de causar acidentes com grande potencial de perdas e danos. As partes móveis de máquinas e equipamentos normalmente representam um alto risco ao operador e dentre essas, se destacam três elementos críticos, que geralmente correspondem pela maior parte dos acidentes, sendo eles:

- a) geração e transmissão de movimentos: compreende as fontes de movimento e o sistema de transmissão, incluindo motor, eixo, engrenagens, polias, correias e outros;
- b) ponto de operação: é onde se realiza o trabalho propriamente dito, esses pontos são considerados críticos quando a alimentação ou a retirada de peças é feita manualmente;
- c) outros pontos móveis: esses pontos são caracterizados por correias transportadoras, alimentadores de rolo, pontes rolantes, veículos e outros. Esses pontos requerem atenção especial, pois são responsáveis pela maioria dos acidentes. (IIDA, 2005).

No passado, período anterior a revisão de 2010 ocorrida na NR 12, muitos trabalhadores foram vítimas de acidentes com máquinas no país. De acordo com Vilela (2000), as máquinas no Brasil são projetadas sem nenhuma preocupação com aqueles que irão trabalhar nesses equipamentos, são comercializadas sem as mínimas condições de segurança e são colocadas em uso nessas circunstâncias. Quando os acidentes ocorrem, provocando fatalidades e mutilações, pode vir a ser objeto de alguma adequação de segurança e por fim, quando se tornam obsoletas são colocadas novamente para venda.

2.1.2 Estatísticas de Acidente do Trabalho

De acordo com a Secretaria de Previdência, os acidentes do trabalho são registrados de duas formas, conforme abaixo:

- a) acidentes com CAT registrada: correspondem ao número cuja Comunicação de Acidentes do Trabalho – CAT foi registrada no INSS. Não é contabilizado o reinício de tratamento afastamento por agravamento de lesão de acidente do trabalho ou doença do trabalho, já comunicado anteriormente ao INSS;
- b) acidentes sem CAT registrada: correspondem ao número de acidentes cuja Comunicação de Acidentes do Trabalho – CAT não foi registrada no INSS. O acidente é identificado por meio de nexos técnicos que relacionam a doença ou acidente a atividade profissional. (BRASIL, 2017)

Na emissão e preenchimento da CAT deve ser informado o tipo de acidente do trabalho. Esses acidentes são classificados conforme os conceitos apresentados a seguir:

- a) acidentes típicos: são os acidentes decorrentes da característica da atividade profissional desempenhada pelo segurado acidentado. Desde que tenha sido registrado a CAT;
- b) acidentes de trajeto: são os acidentes ocorridos no trajeto entre a casa e o local de trabalho do segurado e vice-versa. Desde que a CAT tenha sido emitida;
- c) doença do trabalho: são doenças profissionais, produzidas ou desencadeadas pelo exercício do trabalho e que com ele se relacionem diretamente, quando da emissão e registro da CAT. (BRASIL, 2017).

Na Tabela 1 são apontados os dados de acidentes do trabalho no triênio 2015/ 2017 de acordo com o Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho da Secretaria de Previdência de 2017. Os dados da tabela também mostram os acidentes do trabalho de acordo com a Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE), obtido da NR 4 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho – Quadro I. A empresa do estudo desse trabalho tem como atividade econômica principal a fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central (CNAE 25.21-7) e ela tem como atividades econômicas secundárias a fabricação de estruturas metálicas (CNAE 25.11-0), fabricação de esquadrias de metal (CNAE 25.12-8) e manutenção e reparos de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos (CNAE 33.11-2).

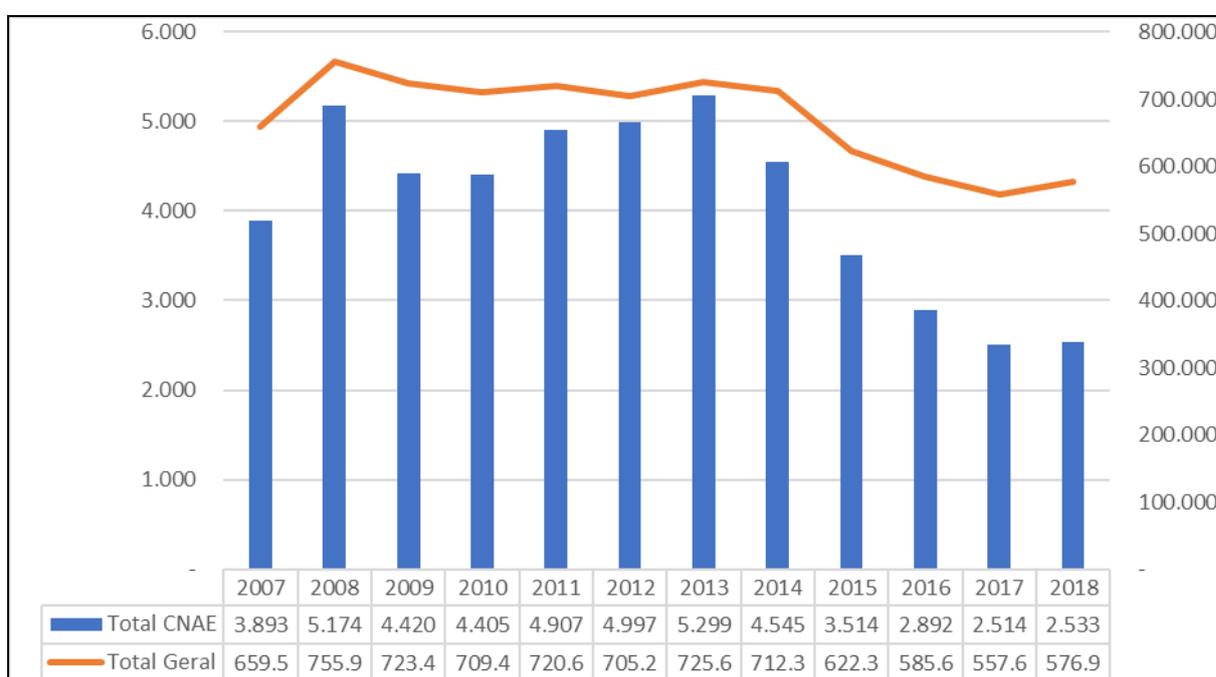
Tabela 1 - Acidentes do trabalho no Brasil no triênio 2015/2017

CNAE	QUANTIDADE DE ACIDENTES DO TRABALHO																				
	Total			Com CAT Registrada															Sem CAT Registrada		
				Total			Típico			Trajeto			Doença do Trabalho								
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017			
TOTAL	622.379	585.626	549.405	507.753	478.039	450.614	385.646	355.560	340.229	106.721	108.552	100.685	15.386	13.927	9.700	114.626	107.587	98.791			
2511	1.831	1.481	1.302	1.669	1.337	1.153	1.476	1.142	1.020	163	164	125	30	31	8	162	144	149			
2512	1.288	1.082	912	1.187	987	823	1.017	811	678	162	166	137	8	10	8	101	95	89			
2521	280	236	189	260	211	170	227	184	149	26	26	18	7	1	3	20	25	19			
3311	115	93	88	103	85	79	82	73	69	21	8	7	-	4	3	12	8	9			

Fonte: Adaptado de Brasil (2017).

Com base em dados da Secretaria de Previdência é apresentado no Gráfico 1 o total de acidentes do trabalho ocorridos no Brasil a partir do ano de 2007, antes da impactante revisão da NR 12 realizada em 2010 e traz também, a quantidade de acidentes ocorridos no país em função das atividades principal e secundárias somadas da empresa que é objeto de estudo desse trabalho de acordo com a classificação CNAE. Na revisão da norma em 2010 foram estabelecidos prazos baseados em critérios técnicos para a adequação de máquinas novas e usadas, no qual esse prazo para a grande maioria dos equipamentos não ultrapassava os 36 meses após a publicação da NR 12, com base nessa informação é possível verificar no gráfico que a partir do ano de 2013 inicia uma redução nos número de acidentes. Comparando as médias de acidentes do trabalho de 2007 até 2013 e 2014 até 2018, percebe-se uma redução de aproximadamente 14% para o total geral de acidentes no Brasil e de 32% para o ramo de atividades o qual se enquadra a empresa desse estudo.

Gráfico 1 - Acidentes de trabalho no Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 2 é exibido a quantidade de acidentes de trabalho e as dez regiões do corpo mais afetadas por eles. É possível perceber que as lesões ocorridas nos membros superiores lideram essa estatística, isso é demonstrado de acordo com a Classificação Internacional de Doenças – CID – 10.

Tabela 2 - Partes do corpo mais afetadas em acidentes do trabalho

CID 10	QUANTIDADE DE ACIDENTES DO TRABALHO					
	Total	Com CAT Registrada				Sem CAT Registrada
		Total	Motivo			
			Típico	Trajeto	Doença do Trabalho	
Total	549.405	450.614	340.229	100.685	9.700	98.791
S61 - Ferim do punho e da mão	52.172	50.461	49.005	1.403	53	1.711
S62 - Frac. ao nível do punho e da mão	34.526	27.589	22.428	5.093	68	6.937
S93 - Luxac. entors. distens. artic. lig. niv. tornoz. pe	25.327	23.595	16.110	7.437	48	1.732
S60 - Traum. superf. do punho e da mão	24.143	23.567	20.594	2.933	40	576
M54 - Dorsalgia	20.599	9.820	7.676	1.553	591	10.779
S82 - Frac. da perna incl. tornozelo	19.648	13.852	5.985	7.832	35	5.796
S92 - Frac. do pé	17.938	13.850	9.238	4.563	49	4.088
S80 - Traum. superf. da perna	15.633	15.025	9.068	5.932	25	608
S52 - Frac. do antebraço	14.965	10.940	6.075	4.830	35	4.025
Z20 - Contato exp. a doenc. transmissíveis	14.155	14.145	13.969	25	151	10

Fonte: Brasil (2017).

2.2 Legislação

Segundo Landim (2011), em 22 de dezembro de 1977 foi quando ocorreu uma das primeiras jurisprudências em relação a Segurança e Saúde Ocupacional, que foi a Lei nº 6.514/77. Essa Lei alterou o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), relativo à segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. A Seção XI da Lei nº 6.514/77 dispõe sobre segurança nas máquinas e equipamentos, que é tema desse trabalho.

De acordo com a Lei nº 6.514/77,

SEÇÃO XI

Das Máquinas e Equipamentos

Art. 184 - As máquinas e os equipamentos deverão ser dotados de dispositivos de partida e parada e outros que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho, especialmente quanto ao risco de acionamento acidental.

Parágrafo único - É proibida a fabricação, a importação, a venda, a locação e o uso de máquinas e equipamentos que não atendam ao disposto neste artigo.

Art. 185 - Os reparos, limpeza e ajustes somente poderão ser executados com as máquinas paradas, salvo se o movimento for indispensável à realização do ajuste.

Art. 186 - O Ministério do Trabalho estabelecerá normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, especialmente quanto à proteção das partes móveis, distância entre estas, vias de acesso às máquinas e equipamentos de grandes dimensões, emprego de ferramentas, sua adequação e medidas de proteção exigidas quando motorizadas ou elétricas. (BRASIL, 1977).

Através desta lei medidas de proteção foram aplicadas no que tange a venda, importação, fabricação, locação e utilização de máquinas e equipamentos. Já em 08 de junho de 1978, a Seção XI da Lei nº 6.514/77 tornou-se a Norma

Regulamentadora nº 12 a NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Isso ocorreu devido a sanção da portaria Nº 3.214 na qual foram aprovadas 28 Normas Regulamentadoras (NRs). (LANDIM, 2011).

A NR 12 estabelece referência técnica, medidas de proteção e princípios fundamentais para garantir os padrões básicos na preservação da integridade física e da saúde dos trabalhadores. Ela especifica minimamente os padrões requeridos em máquinas e equipamentos novos ou usados, para garantir a prevenção de acidentes e doenças do trabalho durante as fases de projeto, utilização e exposição, além de, trazer informações sobre a capacitação de operadores, dos fatores ergonômicos para trabalhos em máquinas e equipamentos, dos aspectos relacionados as instalações em que se encontram e das sinalizações de advertência. (BRASIL, 1978a).

De acordo com o Portal da Indústria, as constantes revisões da norma a partir do ano de 2010, flexibilizaram a utilização de engenharias alternativas previstas em outros documentos de normatização técnica. As Normas Técnicas são elaboradas e aprovadas por instituição reconhecida, no caso do Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Essas normas são de uso voluntário e não tem força de lei, no entanto, se elas forem citadas em alguma NR, passam a ser de caráter obrigatório. Essa nova versão da NR 12 passa a admitir normas técnicas oficiais vigentes nacionais e internacionais, e na ausência destas, as normas europeias tipo C harmonizadas. (NR 12..., 2019).

Para melhor entendimento seguem as seguintes definições:

- Normas técnicas oficiais: normas técnicas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entidade privada reconhecida como Foro Nacional de Normalização por intermédio da Resolução nº 07, de 24/08/1992, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO);
- Normas técnicas internacionais: normas publicadas por uma das seguintes entidades internacionais, *International Organization for Standardization (ISO)* ou *International Electrotechnical Commission (IEC)*;
- Normas europeias harmonizadas do tipo C: norma técnica europeia desenvolvida por Organização Europeia de Normalização reconhecida. A lista atualizada das normas harmonizadas é publicada no Jornal Oficial da União Europeia. (NR 12..., 2019).

2.3 Análise de Riscos

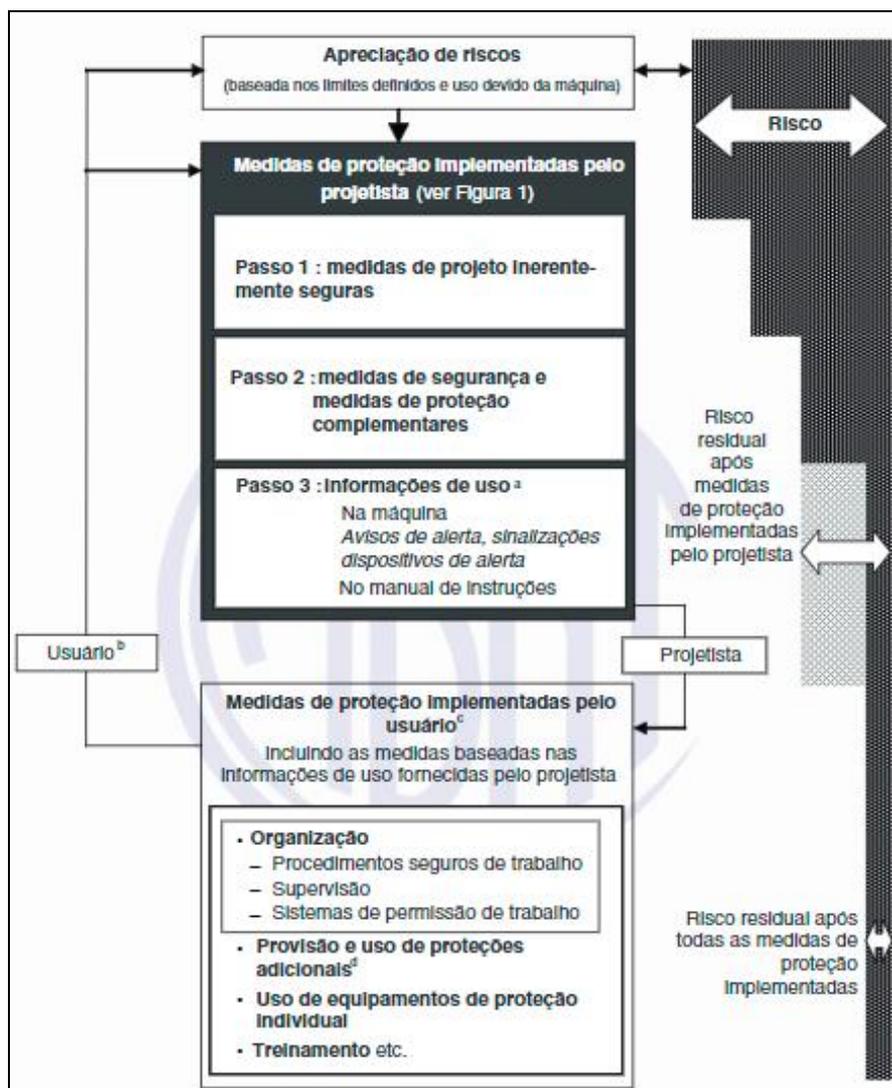
Os sistemas de segurança a serem desenvolvidos para atendimento a NR 12 devem ser selecionados e instalados em conformidade com o tipo de máquina e operação a ser realizado. Para isso, é necessária uma análise de risco que pode ser baseada na norma NBR ISO 12100:2013 Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Avaliação e redução de riscos. (NR 12..., 2019).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2013b, p. 3), a análise de risco possibilita de forma sistêmica, analisar e avaliar os riscos relacionados à máquina, que compreende:

- a) determinação dos limites da máquina;
- b) identificação dos perigos;
- c) estimativa dos riscos.

A iteração do processo da análise de risco consiste na eliminação máxima dos perigos possíveis e na mitigação dos riscos através da adoção de medidas de proteção. As medidas de proteção são as combinações de ações executadas pelo projetista e pelo usuário conforme mostrado na Figura 1. (ABNT), 2013b, p. 10).

Figura 1 - Processo de redução de riscos do ponto de vista do projetista



Fonte: ABNT (2013b, p. 12).

Segundo a ABNT (2018, p. 10), a matriz de risco é basicamente uma tabela que possibilita associar a gravidade da lesão com a probabilidade que essa lesão ocorra, assim, é possível gerar uma estimativa dos riscos na identificação dos perigos quando aplicado o método em máquinas e equipamentos.

A finalidade da matriz de risco é contribuir para que os riscos inaceitáveis sejam identificados e permitir que medidas sejam tomadas para atenuação ou eliminação dos riscos. Na aplicação desse método é avaliada a severidade para cada perigo identificado, as consequências do dano e, paralelamente é avaliado a probabilidade que o dano ocorra associado aos perigos identificados, incluindo: frequência e duração de exposição ao perigo, número de pessoas envolvidas, entre outras. (SILVA, 2011).

A ABNT (2013a, p. 2), estabelece que os componentes do sistema de comando que estão relacionados à segurança, devem atender aos requisitos de uma ou mais das cinco categorias de segurança. As categorias de segurança são classificadas em B, 1, 2, 3 e 4, conforme a sua capacidade de resistir a defeitos e seu imediato comportamento na condição de defeito. As definições de cada categoria são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Definição das categorias de segurança

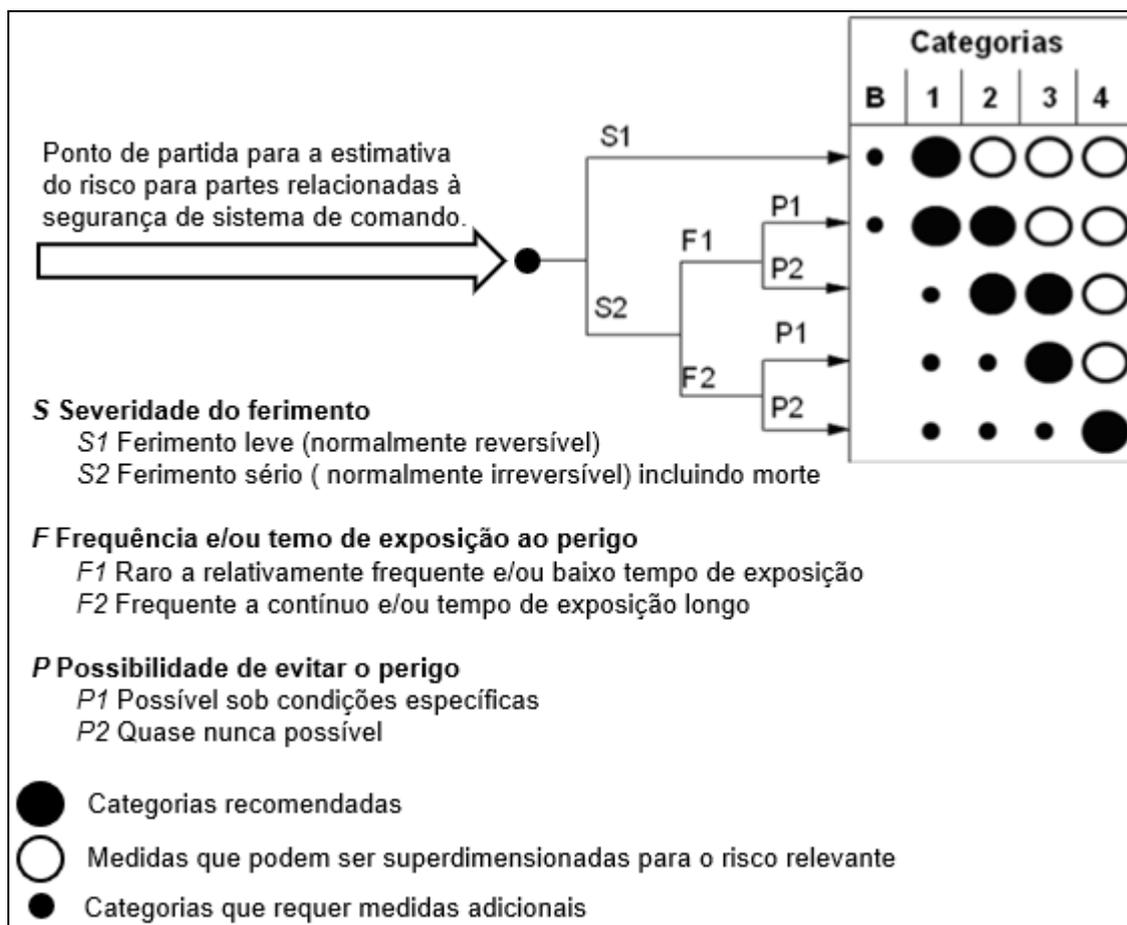
Categoria B	Os sistemas de comando relacionados à segurança devem ser minimamente projetados, construídos e combinados para atendimento as normas pertinentes de modo a resistir as condições adversas do processo.
Categoria 1	Devem atender os requisitos da categoria B e serem projetados, construídos utilizando-se componentes bem ensaiados e princípios de segurança comprovados.
Categoria 2	Devem atender aos requisitos das categorias B1 e devem ser projetados de maneira que em determinados intervalos de tempo sejam verificados pelo sistema de comando da máquina.
Categoria 3	Devem atender a categoria B e o uso de princípios comprovados de segurança (categoria 1) além de, serem projetadas de tal forma que um defeito isolado não leve a perda da função de segurança.
Categoria 4	Devem atender aos requisitos da categoria B e o uso comprovado dos princípios de segurança, também deve ser projetado de modo que uma única falha isolada não leve a perda das funções de segurança além de, detectar essa falha antes ou durante a próxima atuação da função de segurança.

Fonte: Adaptado da ABNT (2013a, p. 13).

A norma NBR 14153:2013 estabelece um método qualitativo conforme Figura 2 que através da combinação de parâmetros, fornece uma estimativa com uma graduação de risco de baixo a alto. Esses parâmetros são:

- a) severidade do ferimento (S): é estimado com base na gravidade do ferimento (laceração, amputação e fatalidade);
- b) frequência e/ou tempo de exposição ao perigo (F): o tempo de exposição deve ser analisado com referência ao valor médio observado, distinguindo de uma exposição regular e continua ao perigo de uma esporádica;
- c) possibilidade de evitar o perigo (P): na presença de um perigo, é fundamental saber se é possível reconhecê-lo e quando ele pode ser evitado, antes que ele cause um acidente. (ABNT, 2013a, p. 26).

Figura 2 - Seleção de categorias de risco



Fonte: ABNT (2013a, p. 27).

2.4 Máquinas

A ABNT (2013b, p. 1) define máquinas como sendo, “Conjunto de peças ou de componentes ligados entre si, em que pelo menos um deles se move, agrupados de modo a atender a uma aplicação específica”. Esse conjunto de peças pode ser compreendido pelos atuadores que se constituem de motores, pistões e cilindros para gerar os movimentos da máquina, como também os elementos de comando de potência como as válvulas, contadores e inversores de frequência além de, dispositivos para processamento lógico, sensores, sinalizadores e etc.

As prensas dobradeiras ou prensas viradeiras como também são conhecidas, são máquinas destinadas a conformar chapas metálicas através de uma matriz e do movimento do martelo (punção), que é proveniente da ação de um sistema hidráulico. O acionamento do martelo ocorre através de cilindros hidráulicos por meio de pedais com comando elétrico, pneumático ou hidráulico, ou ainda, por

comando bimanual. A Figura 3 mostra uma dobradeira hidráulica acionada por pedal. (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (FIERGS), 2006).

Figura 3 - Dobradeira hidráulica

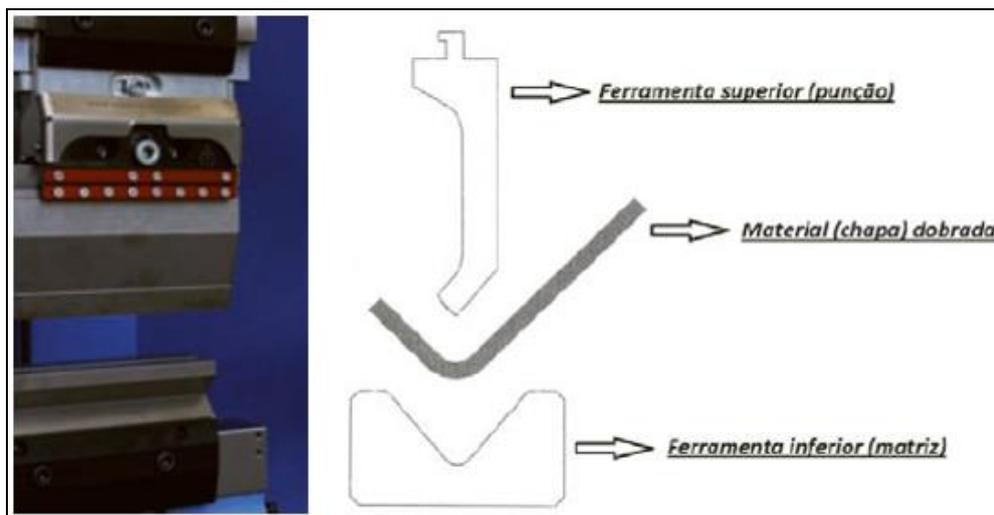


Fonte: Dobradeira... (2018).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) (2012), os principais componentes de uma dobradeira hidráulica são a estrutura, cilindros hidráulicos, bloco de segurança e válvula de retenção.

A estrutura da dobradeira hidráulica é compreendida pelas colunas da máquina, martelo e a mesa que apoia a matriz, a estrutura pode ser em ferro fundido como em chapas soldadas. A Figura 4 ilustra o punção e a matriz de uma dobradeira.

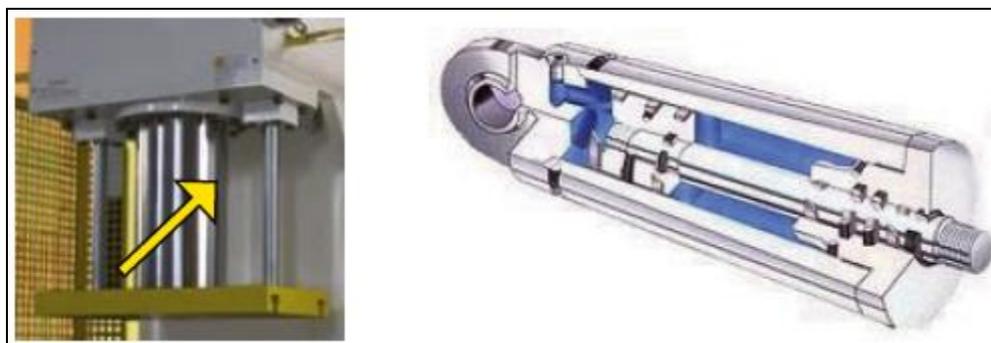
Figura 4 - Punção e matriz



Fonte: Adaptado de ABIMAQ (2012).

Cilindros hidráulicos são atuadores que produzem movimento linear pela ação de um fluido que é injetado através de bombas hidráulicas acopladas a motores. Na Figura 5 é mostrado um cilindro instalado em uma prensa hidráulica. Nessas máquinas eles são empregados para movimentar o punção na direção da matriz.

Figura 5 - Cilindro hidráulico



Fonte: ABIMAQ (2012).

O bloco de segurança são dispositivos de proteção utilizados em circuitos de fluidos hidráulicos ou pneumáticos com a finalidade do controle seguro contra acionamentos involuntários e ou falhas em componentes com potencial de causar acidentes. O bloco de segurança conforme Figura 6, possui componentes redundantes como válvulas e sensores independentes ligados em série, que são controlados e monitorados com o propósito de evitar movimentos perigosos acidentais de fechamento da prensa ou por ação da gravidade.

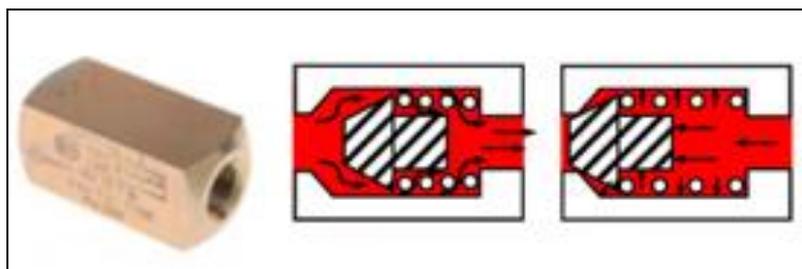
Figura 6 - Bloco de segurança



Fonte: Placas... (2020?).

A válvula de retenção é um dispositivo unidirecional, ou seja, permite a passagem do fluido somente em um único sentido. Ela é empregada em geral nas prensas hidráulicas descendentes e conectada diretamente ao cilindro, para manter o martelo parado caso haja uma falta de pressão no lado anular do cilindro, que pode ser causado por vazamento em vedações, rompimento de tubulações ou mangueiras. A Figura 7 mostra uma válvula de retenção e o seu princípio de funcionamento.

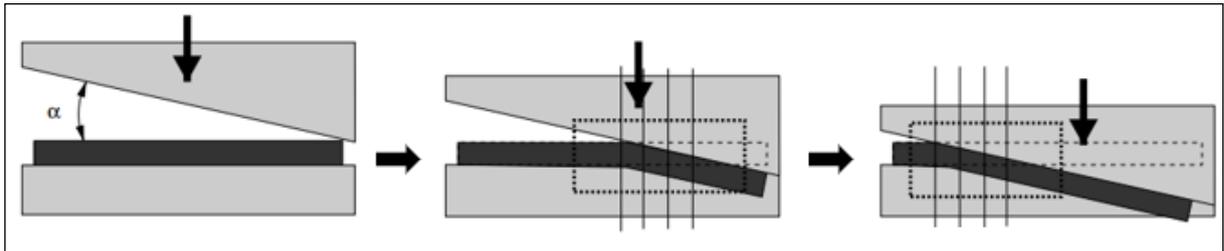
Figura 7 - Válvula de retenção



Fonte: Adaptado de Sistemas... (2020).

Outro grupo de máquinas, são as guilhotinas industriais para corte de chapas metálicas ou tesouras como também são conhecidas, são máquinas que possuem duas lâminas que atacam a chapa perpendicularmente formando entre si um ângulo de 8 a 15°, desse modo, é possível realizar cortes progressivos com força reduzida conforme é demonstrado na Figura 8. (KONINCK, 1971).

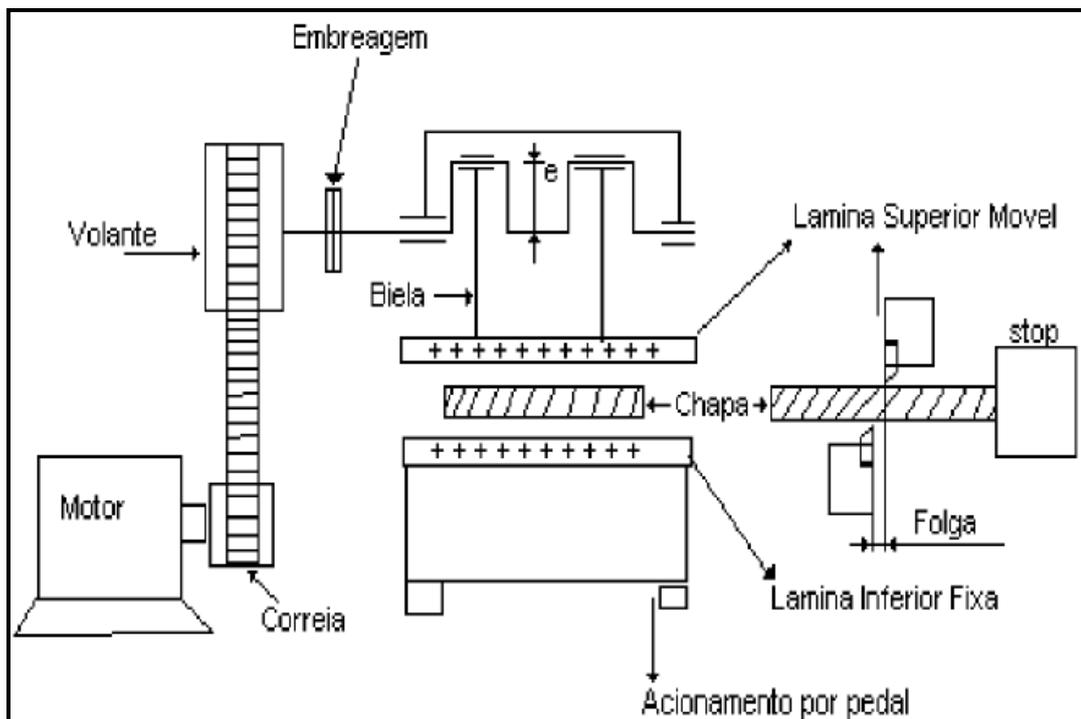
Figura 8 - Sequência do cisalhamento de chapa em guilhotina



Fonte: Adaptado de Wisselink (2000).

Segundo ASM (1993, apud OLIVEIRA, 2011), uma guilhotina mecânica consiste em um motor elétrico, um volante que é acionado através de um sistema de transmissão que pode ser por engrenagens ou correias, um eixo que gira conectado ao volante, uma embreagem que acopla o eixo do volante ao eixo motriz, transferindo movimento vertical a lâmina superior da guilhotina através de um par de bielas conforme demonstra a Figura 9.

Figura 9 - Partes integrantes de uma guilhotina mecânica



Fonte: Junior (2012).

As tesouras mecânicas por características realizam mais golpes por minuto (gpm) do que uma tesoura hidráulica. Esses ciclos podem acontecer de forma tão rápida que chegam na ordem de 100 gpm. Uma outra característica dessas máquinas é que elas podem ser equipadas com motores de menor potência para a

realização de cortes intermitentes, isso porque, o volante armazena energia que é liberada no momento do corte e essa energia é recomposta em um curto período de tempo, entre um ciclo e outro, até o motor restabelecer a velocidade nominal do volante. A Figura 10 mostra uma guilhotina mecânica. (ASM, 1993, apud OLIVEIRA, 2011).

Figura 10 - Guilhotina mecânica



Fonte: Melinterest (2020).

3 METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como um estudo de caso que, conforme Diehl e Tatim (2004), abrange um estudo que demanda dedicação no trabalho de pesquisa de um ou de poucos objetos, de modo a se obter um extenso entendimento do que está sendo estudado. Essa técnica de pesquisa é empregada nas mais variadas áreas do conhecimento, como administração, sociologia, assim como método didático.

Neste estudo de caso será desenvolvida a pesquisa em proteções de máquinas e equipamentos, com base nos conhecimentos adquiridos no referencial bibliográfico e seguindo o que está disposto na NR 12 e nas demais normas técnicas por ela citada, na prevenção dos riscos ocupacionais relacionados a operação de uma dobradeira hidráulica e uma guilhotina de chapas metálicas.

Este trabalho foi realizado seguindo os critérios de pesquisa aplicada quanto a sua natureza, com abordagens qualitativa para identificação dos riscos e os seus efeitos e, quantitativa para mensurar as consequências desses riscos e apontar as ações de mitigação prioritárias. Segundo Nascimento (2015), a pesquisa aplicada é realizada no desenvolvimento de conhecimentos para resolução de problemas específicos e de ordem prática. Esta pesquisa segundo a sua classificação se caracteriza sob o ponto de vista do objetivo como exploratória. De acordo com Gil (2018), a pesquisa exploratória tem a finalidade de proporcionar ao pesquisador uma maior interação com o problema objeto de estudo, nesse tipo de pesquisa costuma se empregar metodologias que envolvem o levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o assunto estudado.

3.1 Caracterização da Empresa e dos Equipamentos

A empresa onde foi realizado este estudo de caso é uma empresa familiar fundada em 1988, ela está localizada na região metropolitana de Porto Alegre – RS. É uma microempresa com faturamento anual na ordem de R\$ 320 mil e, nela trabalham quatro pessoas. A sua atividade principal é a caldeiraria, onde é executada a fabricação de peças através do corte e dobra em chapas de diversos aços, com o auxílio de uma dobradeira hidráulica e uma guilhotina.

Na Fotografia 1 é apresentada a dobradeira hidráulica da marca Weinbrenner, modelo AP 50/2500, ano de fabricação 1984, utilizada na respectiva empresa. A dobradeira foi adquirida em um leilão de máquinas usadas no ano de 1998.

Fotografia 1 - Dobradeira hidráulica



Fonte: Registrada pelo autor.

Assim como a dobradeira, a guilhotina também foi adquirida no comércio de máquinas usadas, no ano 2000. A Fotografia 2 mostra a máquina utilizada pela empresa do estudo nos cortes das chapas de aço, essa guilhotina é da marca Calvi, modelo TRA-2050, capacidade de corte 5/32 polegadas e foi fabricada em 1988.

Fotografia 2 – Guilhotina

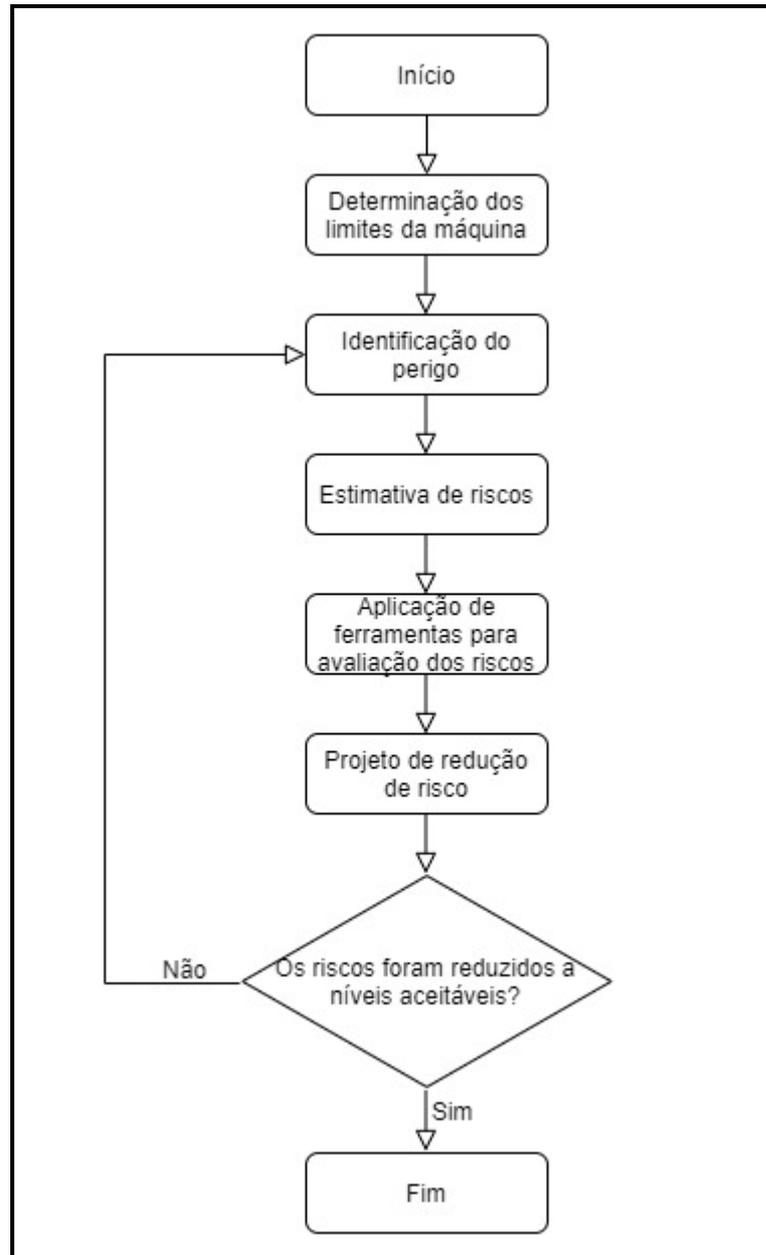


Fonte: Registrada pelo autor.

3.2 Etapas do Estudo de Adequação à NR 12 da Dobradeira Hidráulica e da Guilhotina

Para uma avaliação mais abrangente do estudo de adequação à NR 12 da dobradeira hidráulica e da guilhotina e para analisar todos os riscos inerentes a operação destas máquinas, a metodologia do estudo foi dividida em etapas de forma a obter resultados precisos no atendimento aos requisitos da NR 12 e a Figura 11 apresenta resumidamente o método baseado na ABNT 14121-2:2018 adotado para a análise de risco.

Figura 11 - Fluxograma da análise de risco



Fonte: Adaptado da ABNT (2018).

3.2.1 Etapa 1 – Categoria de Segurança

A Norma Regulamentadora nº 12 no item 12.5.2 alínea 'a', estabelece que a categoria de segurança dos sistemas de proteção deve ser de acordo com a apreciação de risco prevista nas normas técnicas oficiais. Como definir a categoria de segurança de máquinas e equipamentos está ilustrado na Figura 2, porém, a NR 12 determina através do ANEXO VIII – Prensa e similares no item 2.1.3 em

requisitos de segurança para prensas que, os sistemas de intertravamento das proteções móveis devem ser classificados como categoria 4.

3.2.2 Etapa 2 – Elaboração da Análise Preliminar de Risco

A Análise Preliminar de Risco (APR) segundo Aquino (2017), é “[...] avaliação prévia dos riscos presentes na realização de uma determinada atividade/trabalho. Consiste no detalhamento minucioso de cada etapa do trabalho, e dos riscos envolvido nesta tarefa”.

De acordo com Cardella (2016),

APR é uma técnica de identificação de perigos e análise de riscos que consiste em identificar eventos perigosos, causas, consequências e estabelecer medidas de controle. Preliminar, porque é utilizada como primeira abordagem de objetos de estudo. Em muitos casos é suficiente para estabelecer medidas de controle de riscos. O objeto da APR pode ser área, sistema, procedimento, projeto ou atividade.

Para a elaboração da APR foi utilizado o modelo conforme Quadro 2 para descrição e mapeamento das atividades relacionadas a operação das máquinas, identificação dos perigos, análise das consequências e medidas preventivas para atenuação ou eliminação dos riscos.

Quadro 2 - Modelo APR

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO			
Setor:		Local:	Data:
ITEM	PERIGO	CONSEQUÊNCIA/ DANO	MEDIDA PREVENTIVA

Fonte: Adaptado de Chupil (2014).

A elaboração da APR é realizada em campo com o auxílio dos operadores das máquinas, descrevendo detalhadamente as tarefas realizadas, citando os cuidados que são tomados para os perigos conhecidos. Não está incluso neste estudo a análise dos riscos químicos, físicos, biológicos e ergonômicos.

3.2.3 Etapa 3 – Elaboração da Avaliação dos Riscos

Neste estudo foi adotado o método HRN (*Hazard Rating Number*) para avaliação dos riscos proporcionados pela operação da dobradeira hidráulica e pela guilhotina. A HRN é uma das ferramentas mais utilizadas nas fases de elaboração de análises e apreciação de riscos de máquinas e equipamentos por parte de profissionais ligados à área da segurança do trabalho. Segundo Steel (1990) a HRN emprega um método quantitativo que indica prioridades na tomada de decisão para o desenvolvimento e aplicação de medidas de segurança em máquinas e equipamentos. Esse método avalia o risco através da atribuição de valores numéricos aos seguintes atributos:

- Probabilidade de Ocorrência (PO)
- Frequência de Exposição (FE)
- Grau da Possível Lesão (GPL)
- Número de Pessoas Expostas ao Risco (NP)

A Probabilidade de Ocorrência é definida de forma subjetiva, considerando históricos e frequência relativa de ocorrências de acidentes pertinentes a avaliação. Os valores atribuídos vão de 0,033 (Quase impossível), que significa que pode ocorrer em circunstâncias extremas até 15 (Certeza), indicando que em algum momento vai acontecer. O Quadro 3 mostra os valores que podem ser atribuídos a PO.

Quadro 3 – Probabilidade de ocorrência

Probabilidade de Ocorrência (PO)		
0,033	Quase impossível	Pode ocorrer em circunstâncias extremas
1,00	Altamente improvável	Mas pode ocorrer
1,50	Improvável	Embora concebível
2,00	Possível	Mas não usual
5,00	Alguma Chance	Pode acontecer
8,00	Provável	Sem surpresas
10,00	Muito Provável	Esperado
15,00	Certeza	Sem dúvida

Fonte: Steel (1990).

A Frequência de Exposição avalia o tempo que a pessoa fica exposta ao perigo durante a execução de uma determinada atividade. Os valores conforme Quadro 4 atribuídos a esse parâmetro vão de 0,5 (Anualmente) menos significativo a 5 (constante) mais significativo.

Quadro 4 - Frequência de exposição

Frequência de Exposição (FE)	
0,50	Anualmente
1,00	Mensalmente
1,50	Semanalmente
2,50	Diariamente
4,00	Em termos de horas
5,00	Constante

Fonte: Steel (1990).

O Grau da Possível Lesão avalia as consequências decorrente da exposição a um determinado perigo, podendo variar de valores de 0,10, um simples arranhão, até mesmo a fatalidade chegando a 15 conforme Quadro 5.

Quadro 5 - Grau da possível lesão

Grau da Possível Lesão (GPL)	
0,10	Arranhão ou escoriação
0,50	Dilaceração, corte ou enfermidade leve
1,00	Fratura leve de ossos, dedos das mãos ou dos pés
2,00	Fratura grave de ossos, mão, braço ou perna
4,00	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos ou dos pés
8,00	Amputação de perna, mão, perda parcial da audição ou visão
10,00	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos
12,00	Enfermidade permanente ou crítica
15,00	Fatalidade

Fonte: Steel (1990).

Para um determinado número de pessoas expostas ao perigo é atribuído um valor ao parâmetro NP, conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 6 - Número de pessoas expostas

Número de Pessoas Expostas (NP)	
1,0	1 a 2 pessoas
2,0	3 a 7 pessoas
4,0	8 a 15 pessoas
8,0	16 a 50 pessoas
12,0	Mais de 50

Fonte: Steel (1990).

O produto das quatro variáveis conforme mostra a equação (1) irá determinar o resultado do grau de risco da máquina ou equipamento, de acordo com os valores indicados aos atributos da HRN. (STEEL, 1990).

$$HRN = LO \times FE \times GPL \times NP \quad (1)$$

De acordo com o Quadro 7 os resultados obtidos na análise de risco HRN vão de aceitável ao inaceitável, assim, é possível avaliar as condições que oferecem um maior potencial de risco.

Quadro 7 - Resultados HRN

HRN		
Resultado	Risco	Avaliação
0 a 1	Aceitável	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.
1 a 5	Muito baixo	
5 a 10	Baixo	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares.
10 a 50	Significante	
50 a 100	Alto	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.
100 a 500	Muito alto	
500 a 1000	Extremo	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco.
Maior que 1000	Inaceitável	Interromper a atividade até eliminação ou redução do risco.

Fonte: Adaptado de Steel (1990).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados das avaliações de riscos das máquinas, conforme identificação dos perigos e riscos potenciais através da elaboração de uma APR. E, por meio da aplicação de técnicas e ferramentas citadas no referencial teórico e na metodologia, foi proposto soluções para a adequação da dobradeira hidráulica e da guilhotina à Norma Regulamentadora nº 12.

4.1 Operação com Dobradeira Hidráulica

Para o mapeamento dos perigos e riscos inerentes as atividades realizadas na dobradeira hidráulica, foi elaborado uma APR com o auxílio dos operadores. Assim, foi possível maximizar a identificação dos riscos para a adoção de medidas de proteções necessárias para a operação segura da máquina.

O Quadro 8 mostra o resultado da análise preliminar de risco que o operador da dobradeira hidráulica está exposto, considerando todos os tipos de riscos identificados durante a APR. Porém, somente os itens do 1 ao 6 serão avaliados nesse trabalho, por se tratarem de riscos ligados diretamente a operação da máquina. Já os demais itens da análise preliminar de risco pertencem ao ambiente de trabalho em que a máquina está inserida e não fazem parte dos objetivos desse estudo avaliá-los.

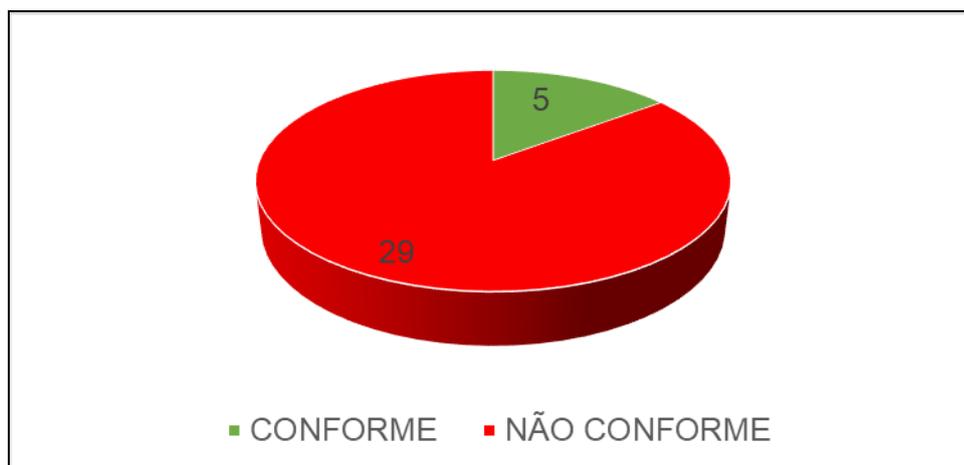
Quadro 8 - Análise Preliminar de Risco (APR) dobradeira

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO			
Setor: Corte e dobra		Local: Dobradeira	Data: 05/01/2021
ITEM	PERIGO	CONSEQUÊNCIA/ DANO	MEDIDA PREVENTIVA
1	Aproximação de partes móveis contra partes fixas	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo.	Utilização de dispositivos de segurança para monitoramento da zona de perigo.
2	Aceleração/ desaceleração da máquina	Batidas; contusões; cortes; lacerações; fraturas; traumatismo.	Monitoramento do movimento do martelo.
3	Falha no sistema de controle	Traumatismo; prensagem; amputações; cortes; lacerações.	Utilização de redundância no sistema de comando e controle.
4	Fluido sob pressão	Contato com produto químico; dermatoses; intoxicação; traumatismo.	Utilização de tubulação rígida.
5	Máquinas com partes móveis	Traumatismo; cortes; prensagem; amputações; lacerações; hemorragias.	As partes móveis da máquina devem estar protegidas (proteções físicas fixas, móveis intertravadas com sensores).
6	Substituição de ferramenta (punção e matriz)	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo.	Instalação de dispositivos que impeçam o acionamento acidental.
7	Arranjo físico/Armazenamento inadequado	Batidas; colisões; quedas; contusões; cortes; lacerações.	Isolar áreas com risco de batidas; Eliminar cantos vivos que podem provocar lesões e cortes.
8	Esforço físico intenso	Distensão muscular; fadiga física.	Revezamento de atividades; utilização de dispositivos para movimentar o material (talhas, pontes rolantes, empilhadeiras, paleteiras, carrinhos).
9	Iluminação inadequada/deficiente	Fadiga visual; cefaleia.	Manter local de trabalho com no mínimo 300 lux.
10	Ruído	Possível diminuição gradual da audição; irritabilidade; cefaleia.	Proteção auditiva (definir protetor auricular tipo concha e/ou inserção).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na elaboração da APR foi identificado que as zonas frontal, laterais e traseira são as que apresentam o maior risco ao operador, com potencial de causar lesões sérias de esmagamento de mãos e membros, traumatismos, cortes e amputações. E, para identificar os itens que estão em desacordo com a NR 12 e que se aplicam aos objetivos desse estudo, foi elaborado um *checklist* mostrado no Apêndice A. O resultado do *checklist* é demonstrado no Gráfico 2, no qual é verificado que 29 dos 34 itens avaliados não atendem aos requisitos da Norma Regulamentadora nº 12.

Gráfico 2 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na dobradeira

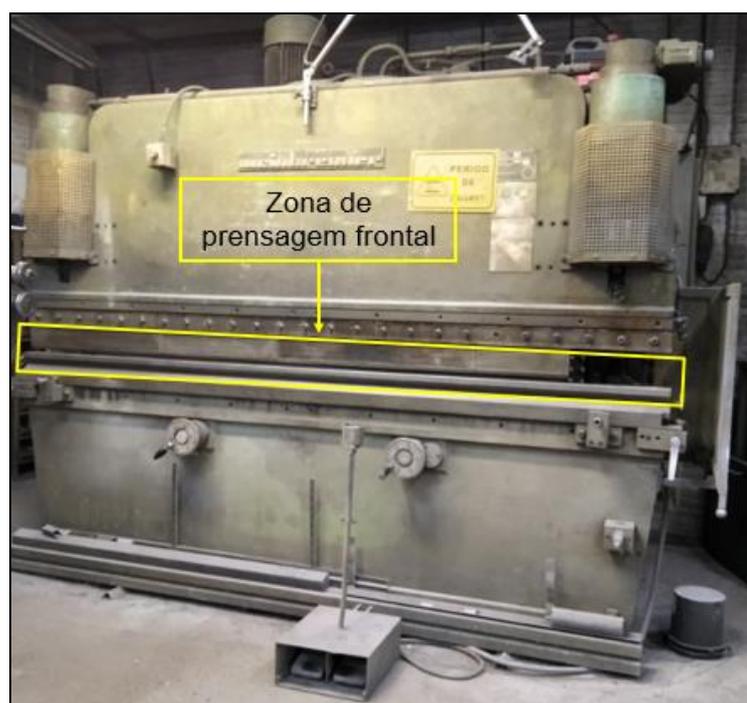


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Zona Frontal da Dobradeira

A Fotografia 3 mostra a parte frontal da máquina, região onde o operador insere a chapa metálica a ser prensada e conformada de acordo com a matriz. O movimento de descida e subida do martelo é realizado por acionamento elétrico, através de um pedal, deixando assim, as mãos do operador livre próximo a zona de prensagem para manusear a chapa.

Fotografia 3 - Zona frontal da dobradeira



Fonte: Registrada pelo autor.

4.1.2 Zona Lateral da Dobradeira

As zonas laterais da dobradeira possuem proteções físicas conforme a Fotografia 4 porém, elas são ineficazes. Essas proteções podem ser articuladas através de dobradiças conforme demonstra a Fotografia 5 e como a máquina não possui nenhum sistema de intertravamento é possível ter total acesso a zona lateral de prensagem da máquina.

Fotografia 4 - Zona lateral dobradeira



Fonte: Registrada pelo autor.

Fotografia 5 - Proteção zona lateral articulada



Fonte: Registrada pelo autor.

4.1.3 Zona Traseira da Dobradeira

A zona traseira da dobradeira possui uma proteção em tubos de metalon, intertravado por uma chave do tipo fim de curso. Essa proteção conforme pode ser observada na Fotografia 6, não atende aos requisitos de proteção da NR 12. A distância entre a proteção e o martelo é de 1 metro, tornando possível o contato das mãos do operador com a região de prensagem além de que, a chave fim de curso pode ser facilmente burlada e não atende a categoria 4 de segurança, exigida pela Norma Regulamentadora nº 12 para prensas e similares.

Fotografia 6 - Proteção zona traseira dobradeira hidráulica



Fonte: Registrada pelo autor.

4.1.4 Avaliação dos Riscos na Dobradeira Hidráulica

Com base nas informações obtidas na APR foi realizada a avaliação para determinação do nível de risco da máquina, através do método HRN. Nessa avaliação, a probabilidade foi definida conforme a metodologia e a experiência do autor, baseado em índices de acidentes típicos ocorridos de acordo com o CNAE a qual empresa analisada se enquadra e, relatos dos operadores de situações de quase acidentes presenciados por eles.

No Quadro 9 é mostrado o resultado do item 1 da APR, aproximação de partes móveis contra as partes fixas, que consiste na possibilidade de esmagamento ou amputação de algum membro do operador da máquina, a qual a frequência de exposição foi definida em termos de horas. Visto que, a operação da dobradeira ocorre diariamente por um longo período do dia mas, não de forma constante e o número de pessoas exposta será normalmente 1, chegando no máximo a 2. Já o grau da possível lesão para o perigo avaliado é alto, considerando que a

aproximação das partes móveis da máquina pode causar a amputação de pelo menos um dos membros do operador. A probabilidade de ocorrência foi estabelecida como certeza, visto que, a máquina não possui nenhum sistema de segurança que monitore e bloqueie a descida do martelo caso a zona de perigo seja invadida.

Quadro 9 – Perigo: aproximação de partes móveis contra partes fixas

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 1 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Certeza (15)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	480
Risco	Muito Alto
Avaliação	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o perigo do item 2 da APR, aceleração e desaceleração da máquina, a qual a avaliação de risco é apresentada no Quadro 10, a probabilidade foi caracterizada como havendo alguma chance de ocorrer, já que nunca foi observado por parte dos operadores o movimento do martelo com a máquina desligada ou aguardando o comando para entrar em operação, mas, havia sinais de vazamento de óleo hidráulico na haste do cilindro, que pode acarretar esse tipo de falha.

Quadro 10 – Perigo: aceleração e desaceleração da máquina

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 2 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma Chance (5)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	160
Risco	Muito Alto
Avaliação	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o perigo do item 3 da APR, falha no sistema de controle, a probabilidade de ocorrência do perigo apresentada na avaliação de risco no Quadro 11 se justifica como sendo muito provável, devido ao fato de se ter relatos de falhas ocorridas no

sistema de comando da máquina e visto que, todo sistema de comando está sujeito a falhas.

Quadro 11 – Perigo: falha no sistema de controle

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 3 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Muito provável (10)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	320
Risco	Muito Alto
Avaliação	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o perigo 4 da APR, fluido sob pressão, a probabilidade de um vazamento de fluido hidráulico é possível, embora, considerando que todas as tubulações da máquina são rígidas, não é usual que isso ocorra. No caso de alguma falha, o sistema hidráulico fica sobre a dobradeira, o que irá reduzir o grau da possível lesão sendo que, o fluido não irá atingir diretamente o operador. O Quadro 12 mostra a avaliação do perigo relacionado ao item 4 da APR.

Quadro 12 – Perigo: fluido sob pressão

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 4 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Possível (2)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Dilaceração, corte ou enfermidade leve (0,5)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	4
Risco	Muito Baixo
Avaliação	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o perigo 5 da APR, máquina com partes móveis, a probabilidade de ocorrência de um acidente foi classificada como certeza na avaliação de risco mostrada no Quadro 13, devido ao fato de que as proteções existentes são totalmente ineficazes, com intertravamentos inadequados e isso acaba exigindo do operador um nível de atenção e concentração constante, que nem sempre será alcançado no exercício de sua atividade.

Quadro 13 – Perigo: máquina com partes móveis

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 5 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Certeza (15)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	480
Risco	Muito Alto
Avaliação	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o perigo 6 da APR, substituição de ferramenta (punção e matriz), a frequência de troca de ferramentas é baixa e ela é realizada com a máquina desenergizada, porém, não há nenhum sistema que monitore e garanta que essa condição seja realizada sempre seguindo esse procedimento. Por essa razão, a probabilidade foi considerada como tendo alguma chance de ocorrer na avaliação de risco do Quadro 14.

Quadro 14 – Perigo: substituição de ferramenta (punção e matriz)

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 6 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance (5)
Frequência de Exposição (FE)	Mensalmente (1)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	40
Risco	Significante
Avaliação	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Proposta de Adequação da Dobradeira Hidráulica

Com base na APR e na avaliação de riscos pôde se perceber que a zona de prensagem da dobradeira hidráulica apresenta um grau de risco muito alto, gerando uma condição de causar lesões graves. Baseado em normas, foi elaborado um projeto com medidas de proteção que podem ser implementadas na máquina, para eliminação dos riscos e atendimento aos requisitos da NR 12.

Conforme o item 4.1.3 do ANEXO VIII da Norma Regulamentadora nº 12, dobradeiras hidráulicas devem possuir bloco hidráulico de segurança. Para a

especificação desse elemento de segurança foi necessário realizar medições para conhecer algumas características importantes da dobradeira hidráulica e, determinantes no dimensionamento do bloco hidráulico de segurança conforme mostra o Quadro 15.

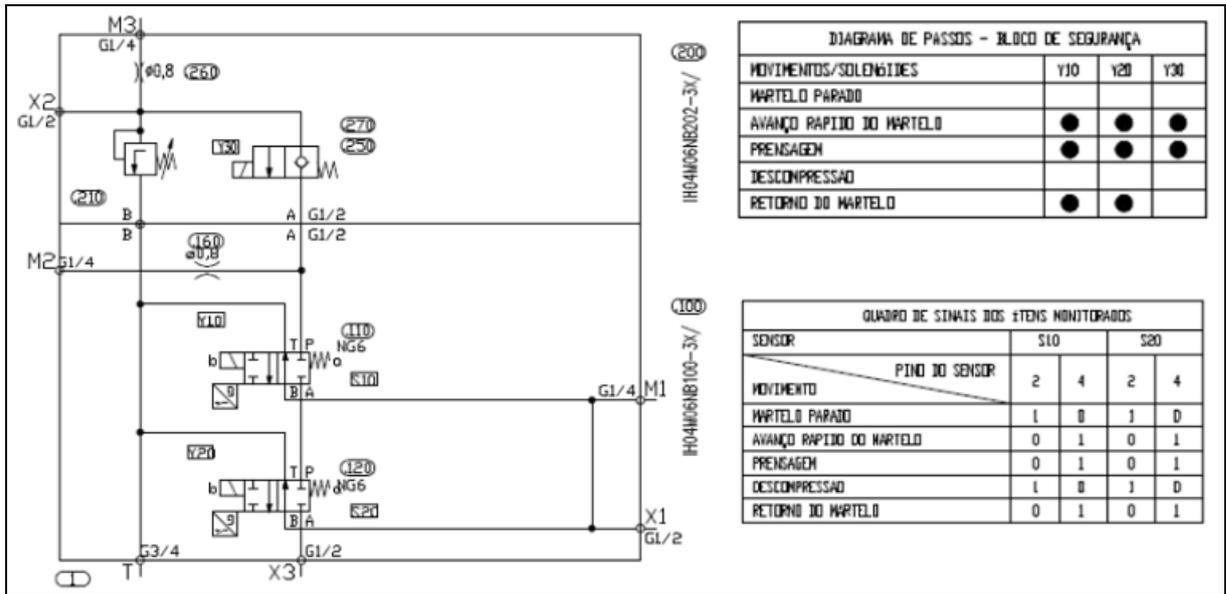
Quadro 15 - Dados da dobradeira hidráulica

Diâmetro do êmbolo do cilindro hidráulico	$D_e = 160\text{mm}$
Diâmetro da haste do cilindro hidráulico	$D_h = 110\text{ mm}$
Área do êmbolo ($A_e = \pi D_e^2/4$)	$A_e = 201\text{ cm}^2$
Área da haste ($A_h = \pi D_h^2/4$)	$A_h = 95\text{ cm}^2$
Área da coroa ($A_c = A_e - A_h$)	$A_c = 106\text{ cm}^2$
Velocidade avanço/ descida ($V_a = Q_b/A_e$)	$V_a = 0,90\text{ cm/s}$
Velocidade recuo/ subida ($V_r = Q_b/A_c$)	$V_r = 1,72\text{ cm/s}$
Vazão da bomba hidráulica	$Q_b = 22\text{ l/mim}$
Vazão induzida no avanço ($Q_{ia} = V_a * A_c$)	$Q_{ia} = 6\text{ l/mim}$
Vazão induzida no recuo ($Q_{ir} = V_r * A_e$)	$Q_{ir} = 21\text{ l/mim}$
Pressão hidráulica de operação	$p = 150\text{ kgf/cm}^2$
$1000\text{ cm}^3 = 1\text{ l}$	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior vazão do fluido hidráulico que passa pelo bloco de segurança é quem determinar a sua especificação, no caso da dobradeira desse estudo, a maior vazão será Q_b de 22 l/mim, durante o movimento de subida do cilindro hidráulico. O bloco de segurança tipo N da *Rexroth*, tamanho 6, com vazão de 80 l/mim e pressão máxima de 315 bar atende os parâmetros da máquina e aos requisitos de segurança exigidos pela NR 12. Esse bloco é composto por duas válvulas direcionais monitoras (Y_{10} e Y_{20}), uma válvula de retenção (Y_{30}) e uma válvula limitadora para proteção contra sobrepressão conforme Figura 12.

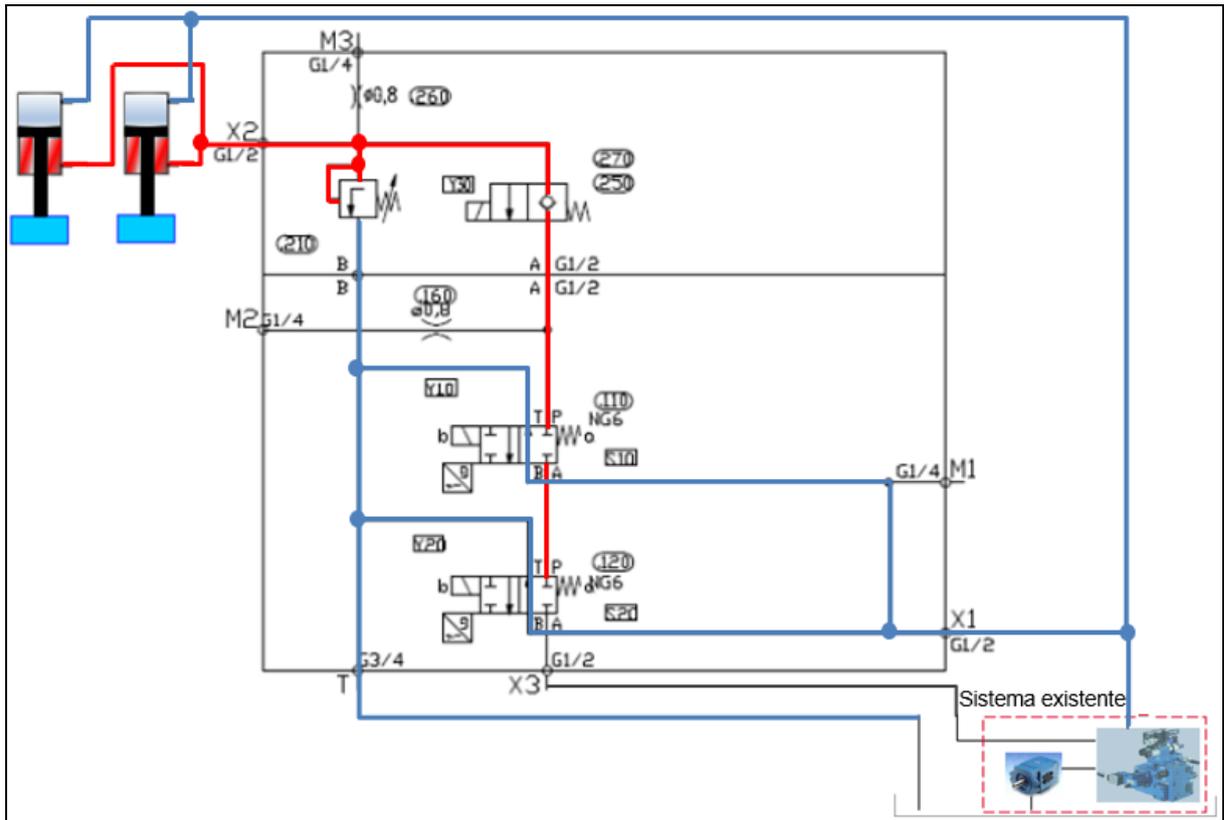
Figura 12 - Diagrama hidráulico e acionamentos do bloco de segurança tipo N



Fonte: Blocos... (2012).

Na Figura 13 é mostrado o bloco adicionado ao sistema hidráulico existente da máquina, executando a função de segurança. Nessa condição as válvulas Y₁₀, Y₂₀ e Y₃₀ estão desenergizadas, bloqueando a passagem do fluido representado pelas linhas em vermelho e consequentemente impedindo o movimento de avanço do cilindro. As linhas em azul representam a rede despressurizada, nessa configuração mesmo que a bomba hidráulica esteja em funcionamento o sistema não irá atingir pressão suficiente para movimentar o cilindro no sentido de avanço, pois, o fluido hidráulico é desviado para tanque.

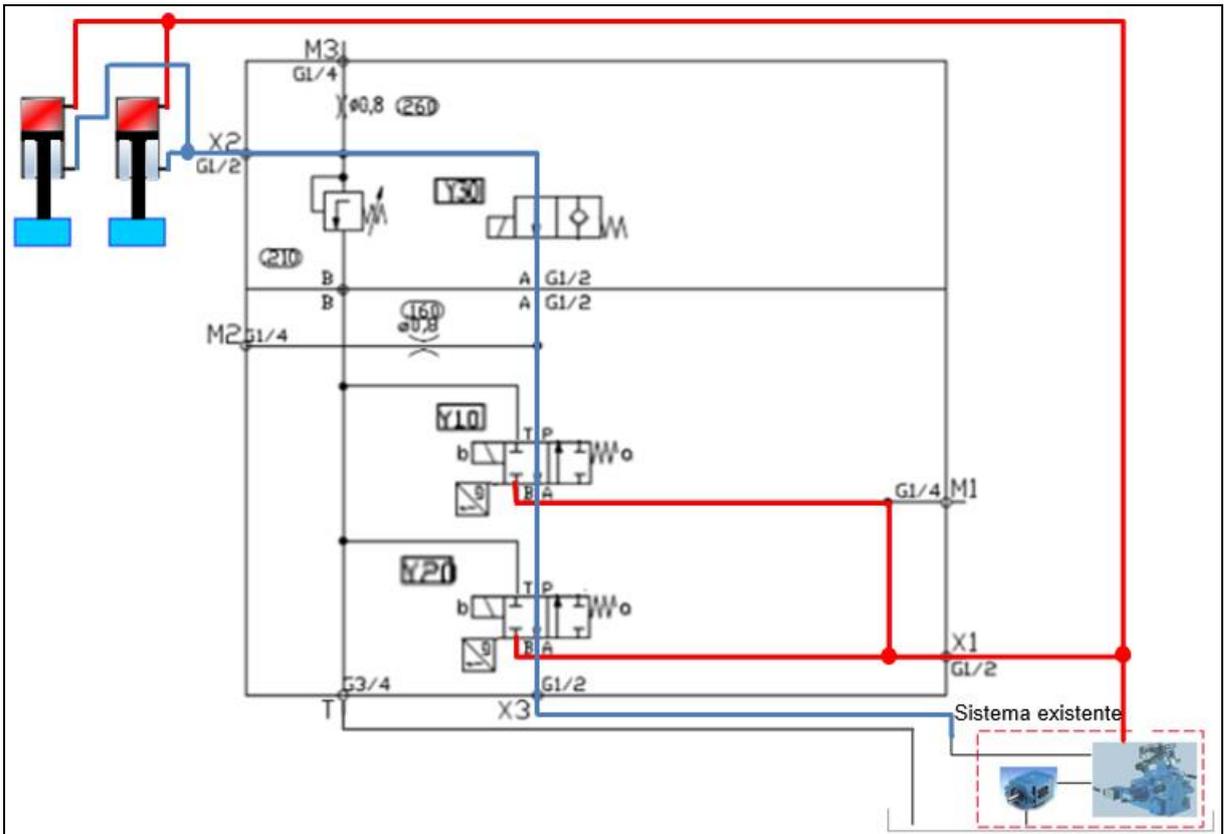
Figura 13 - Bloco hidráulico na função de segurança



Fonte: Adaptado de Blocos... (2012).

Na Figura 14 é apresentada a dobradeira executando o movimento de descida do martelo, as linhas em vermelho representam o circuito da rede que está pressurizada. Nessa condição é possível observar que o cilindro hidráulico está sofrendo pressão através do fluido na parte traseira, movimentando o êmbolo no sentido de avanço. Assim, o fluido que está preenchendo a coroa do cilindro é forçado a sair através das linhas azuis, que representam a rede despressurizada, aberta para tanque. Nessa situação, todas as condições de segurança foram cumpridas, caso alguma condição insegura seja detectada pelo sistema lógico da máquina, as bobinas das válvulas do bloco hidráulico de segurança serão desenergizadas, voltando a condição de segurança representado na Figura 13.

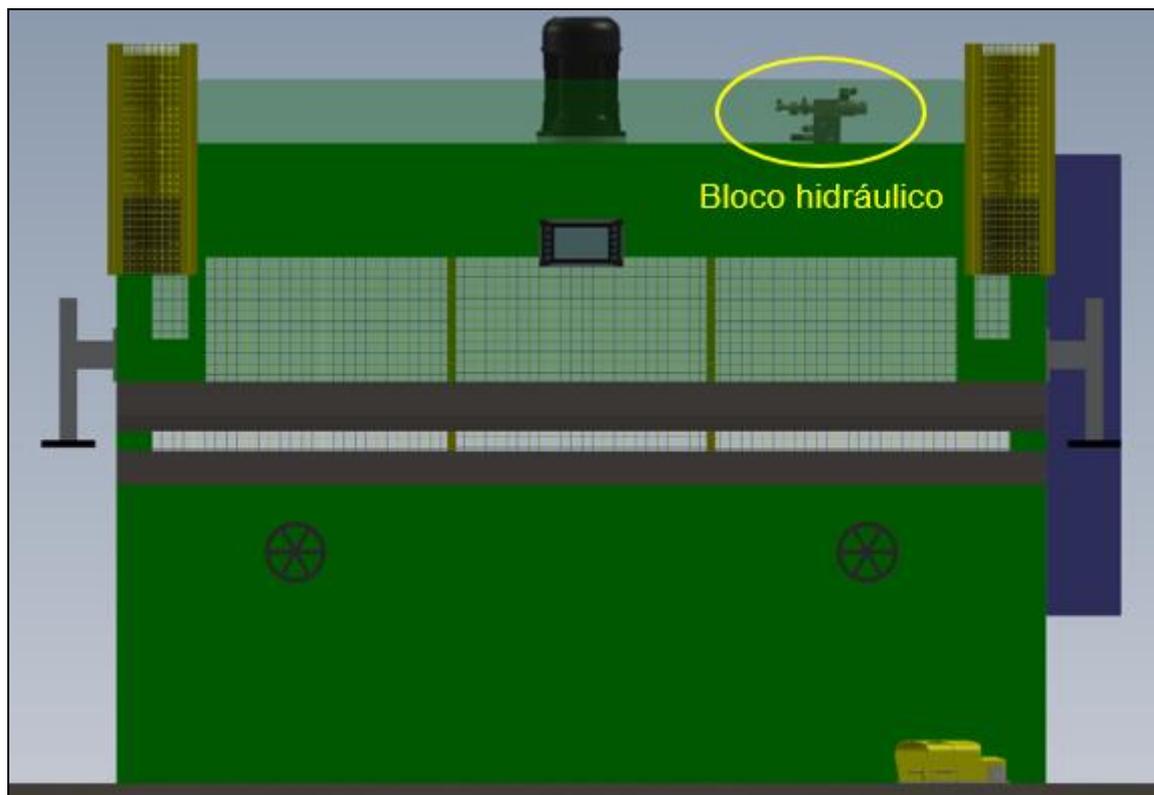
Figura 14 - Bloco de segurança com as válvulas acionadas



Fonte: Adaptado de Blocos... (2012).

A instalação do bloco de segurança será realizada na parte superior da máquina, próximo ao conjunto de comando hidráulico existente da dobradeira. A Figura 15 mostra o local de instalação do bloco de segurança para a máquina desse estudo.

Figura 15 - Representação do bloco de segurança instalado na dobradeira

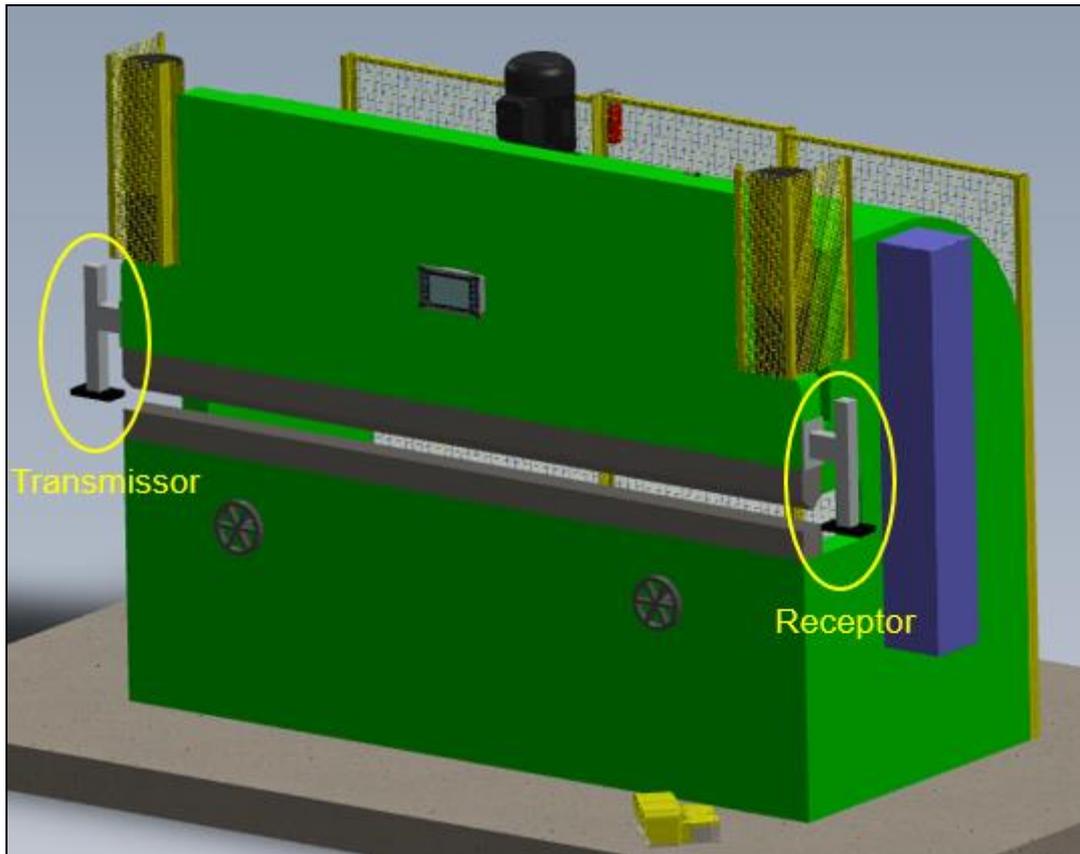


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a atuação do bloco de segurança e ativação da proteção hidráulica é necessário o monitoramento das zonas de perigo, para isso, foi especificado para a proteção das zonas laterais e frontal um dispositivo de proteção optoeletrônico. A função desse sensor é detectar a interrupção do feixe de luz por um objeto presente na zona de proteção especificada, além disso, esse sistema permite realizar teste de escorregamento do martelo atendendo ao item 4.1.2.4 do ANEXO VIII da NR 12.

O laser de segurança Defender Plus da *Schmersal* é um dispositivo desenvolvido especificamente para proteção dos operadores de dobradeiras hidráulicas, ele é um sistema de segurança de categoria 4. Os sensores, transmissor e receptor, são fixados nas laterais do martelo da dobradeira, de forma a acompanhar o seu movimento e manter constantemente o monitoramento da zona de prensagem conforme pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 - Monitoramento da zona de prensagem



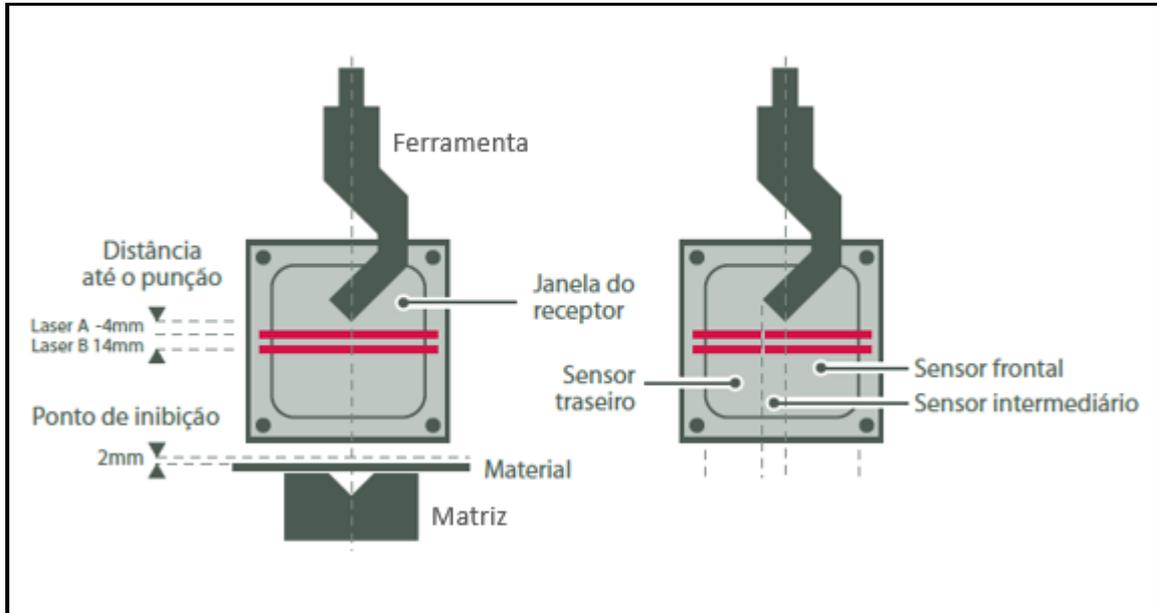
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Defender Plus monitora a região frontal, central e traseira da ferramenta da dobradeira através de dois sensores de feixes de luz paralelos conforme mostra a Figura 17. Esses sensores estão posicionados um a 14 mm e o outro a 4 mm abaixo do punção, o sensor B tem por função enviar o comando para redução da velocidade da máquina para a velocidade de dobra, menor ou igual a 10 mm/s, quando este for acionado pela chapa a ser conformada. O sensor A continua monitorando as zonas de perigo até o ponto de inibição, que fica a 2 mm acima da superfície da chapa, esse ponto de inibição deve ser definido no primeiro ciclo de operação da dobradeira e, toda vez que for alterado a espessura da chapa. Isso é necessário para que o sistema não trate o material como uma violação da área monitorada.

Para operações especiais como dobra de caixas, onde a chapa irá interceptar o feixe de luz do sensor antes que ele seja inibido, é possível ativar o modo bandeja/caixa no Defender Plus. Dessa forma os sensores da zona frontal e traseira da ferramenta serão desativados e o monitoramento da zona de prensagem será

realizado somente pelo sensor da região central da ferramenta. Esse modo de operação é permitido pela NR 12 conforme consta no item 4.1.2.1.1.8 do ANEXO VIII.

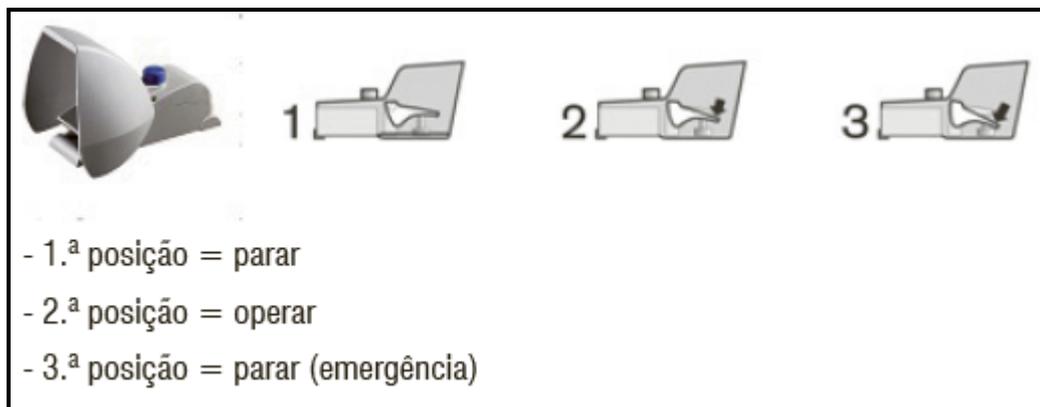
Figura 17 - Sistema de proteção optoeletrônica para dobradeiras



Fonte: Defender... (c2020).

A Norma Regulamentadora nº 12 estabelece no item B do ANEXO I, critérios para uso de dispositivo de detecção de presença optoeletrônico ativo (AOPD), em dobradeiras hidráulicas em que o acionamento do movimento de descida do martelo é realizado através de um pedal, situação na qual se enquadra a máquina desse estudo. A norma determina que o pedal de acionamento de descida deve possuir três posições, conforme Figura 18.

Figura 18 - Pedal com três posições



Fonte: ABIMAQ (2012).

Para substituição da pedaleira da dobradeira conforme Fotografia 7, que está em desacordo com a NR 12, foi especificado uma outra da marca *Schmersal*, modelo T2FH 232-11/11 conforme Figura 19. O sistema elétrico da máquina deverá ser preparado para instalação de duas pedaleiras, a Norma Regulamentadora nº 12 estabelece através do item 2.9.2 do ANEXO VIII que o número de pedais deve corresponder ao número de operadores.

Fotografia 7 - Pedaleira atual da dobradeira hidráulica



Fonte: Registrada pelo autor.

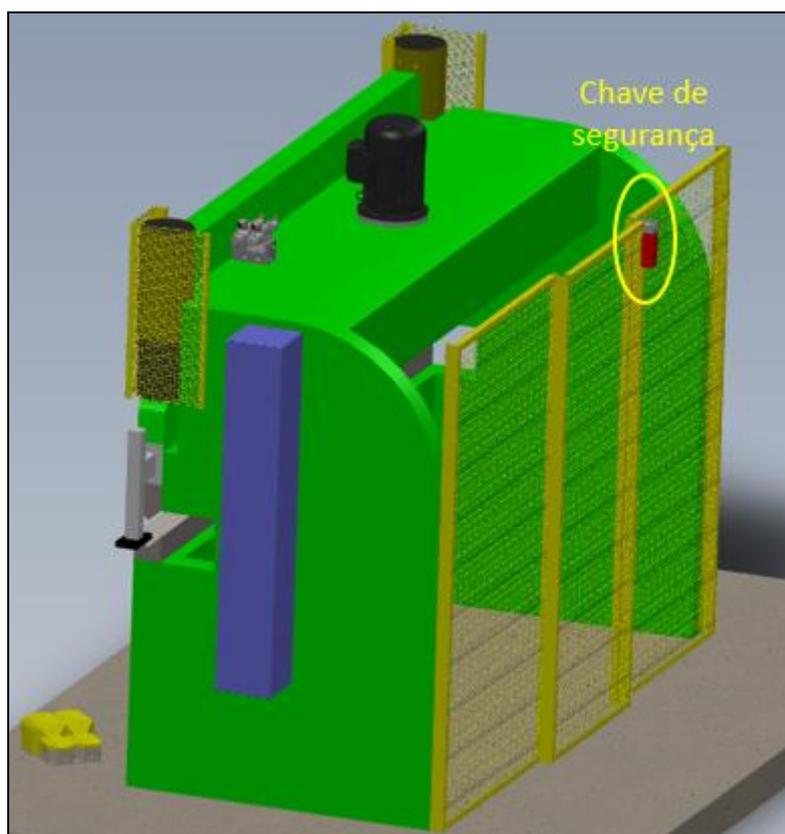
Figura 19 - Pedaleira T2FH



Fonte: Pedaleira... (c2020).

Para a proteção da zona traseira da dobradeira foi projetado uma proteção mecânica com base na tabela 4 da norma NBR NM-ISO 13852:2003, em tela otis quadrada de 30 mm e fio 10 com porta deslizante, conforme mostra a Figura 20. Para a armação foi especificado cantoneiras em aço carbono de abas iguais de 1" x 1/8" que será fixada a máquina através de parafusos.

Figura 20 - Proteção da zona traseira



Fonte: Elaborado pelo autor.

A porta da proteção deverá ser monitorada por chave de intertravamento de segurança associada a um relé de segurança, o sistema deve ser redundante para atingir categoria 4 conforme especifica a NR 12. A Figura 21 mostra a montagem de uma chave que atende aos requisitos desse projeto, ela é da marca Weg, modelo CIS-MM1A.

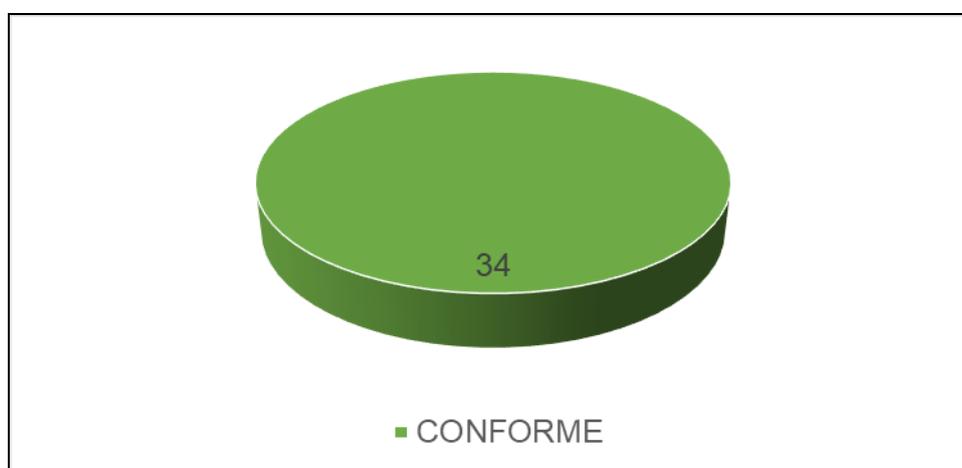
Figura 21 - Chave de intertravamento de segurança



Fonte: Chave... (2020).

Após a realização do projeto de adequação das zonas de perigo da máquina e considerando a implementação de todas as medidas de proteções recomendadas nesse estudo, todos os 29 itens não conformes apontados no *checklist* de um total de 34, passarão a atender aos requisitos da NR 12 conforme pode ser visto no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na dobradeira pós adequação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma nova avaliação dos riscos na dobradeira hidráulica foi realizada conforme o Quadro 16, assim, é possível verificar se os riscos foram mitigados a níveis aceitáveis de segurança e se as soluções propostas foram eficazes. Nessa nova avaliação será percebido que as medidas de proteções irão atuar na probabilidade de ocorrência, em virtude de que a frequência de exposição e o número de pessoas expostas não se alteram. E, as medidas de proteções sugeridas nesse trabalho não diminuem o grau da possível lesão caso um acidente ocorra.

Quadro 16 - Avaliação dos riscos na dobradeira considerando a implementação das adequações

PARÂMETROS HRN	PERIGOS					
	APROXIMAÇÃO DE PARTES MÓVEIS CONTRA PARTES FIXAS	ACELERAÇÃO/ DESACELERAÇÃO DA MÁQUINA	FALHA NO SISTEMA DE CONTROLE	FLUIDO SOB PRESSÃO	MÁQUINA COM PARTES MÓVEIS	SUBSTITUIÇÃO DE FERRAMENTA (PUNÇÃO E MATRIZ)
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)	Possível (2)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Mensalmente (1)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)	Dilaceração, corte ou enfermidade leve (0,5)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	1,056	1,056	1,056	4	1,056	0,264
Risco	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Aceitável
Avaliação	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 16 acima mostra através da avaliação de risco que as ações planejadas para redução dos riscos na dobradeira hidráulica foram eficazes e no Quadro 17 abaixo, é feita uma relação do perigo, as suas consequências e os riscos antes e depois do projeto de adequação, deixando evidente que se forem adotadas as recomendações propostas nesse trabalho, a máquina estará numa condição segura e adequada a Norma Regulamentadora nº 12.

Quadro 17 - Comparativo dos riscos antes e depois do projeto de adequação

ITEM	PERIGOS	CONSEQUÊNCIA/ DANO	RISCO ANTES	RISCO DEPOIS
1	Aproximação de partes móveis contra partes fixas	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo.	Muito Alto	Muito Baixo
2	Aceleração/ desaceleração da máquina	Batidas; contusões; cortes; lacerações; fraturas; traumatismo.	Muito Alto	Muito Baixo
3	Falha no sistema de controle	Traumatismo; prensagem; amputações; cortes; lacerações.	Muito Alto	Muito Baixo
4	Fluido sob pressão	Contato com produto químico; dermatoses; intoxicação; traumatismo.	Muito Baixo	Muito Baixo
5	Máquinas com partes móveis	Traumatismo; cortes; prensagem; amputações; lacerações; hemorragias.	Muito Alto	Muito Baixo
6	Substituição de ferramenta (punção e matriz)	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo.	Significante	Aceitável

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi demonstrado que o projeto de adequação da dobradeira hidráulica atenua os riscos da máquina para uma condição admissível, porém, para um projeto ser implementado ele tem que ser viável economicamente e proporcionar uma relação de custo-benefício ao empreendedor. No Quadro 18 é demonstrado os custos necessários para a implementação do projeto sugerido nesse estudo.

Quadro 18 - Custo de implementação do projeto da dobradeira hidráulica

Descrição	Valor (R\$)
Bloco hidráulico de segurança <i>Rexroth</i> , tipo N, tamanho 6	17.810,32
Sistema laser de segurança - <i>Defender Plus Schmersal</i>	63.195,39
Pedaleira <i>Schmersal T2FH 232-11/11</i>	3.060,40
Chave de segurança <i>Weg CIS-MM1A</i>	265,84
Mão de obra engenharia	32.000,00
Proteção traseira em tela <i>Otis</i>	3.600,00
Instalação mecânica	9.700,00
Total geral	129.631,95

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na relação de custos do Quadro 18 é possível observar que a adequação a Norma Regulamentadora nº 12 desse tipo de máquina é algo que não está acessível ao microempresário, situação a qual se enquadra a empresa desse estudo. Pois, essa categoria fatura até R\$ 360 mil em um ano e o custo da adequação da dobradeira representa 35%, considerando o faturamento máximo da microempresa.

Se por um lado temos a redução de 32% dos acidentes do trabalho no ramo de atividade metalúrgica até 2018, o que é muito representativo para o país que é um dos líderes de acidente do trabalho no mundo. Por outro lado, desde a revisão da NR 12 ocorrida no ano de 2010, não houve nenhum incentivo do governo federal para fomentar a adequação de máquinas no país. Condição como essa é totalmente desfavorável a redução de acidentes do trabalho em microempresas, visto que, muitos trabalhadores estão operando máquinas antigas, com sistemas de segurança precários e sem nenhuma perspectiva de adequação diante do alto custo envolvido.

4.2 Operação com Guilhotina

Assim como na dobradeira hidráulica, foi elaborada para a guilhotina uma análise preliminar de risco, de modo a identificar os riscos da máquina e a partir destes desenvolver alternativas em proteções para garantir a operação segura. No Quadro 19 é apresentado o resultado da APR realizada na máquina, aqui não são demonstrados os riscos inerentes do ambiente de trabalho, visto que, estes já foram mostrados na análise realizada para a dobradeira hidráulica e dado ao fato de que ambas as máquinas estão inseridas no mesmo ambiente.

Quadro 19 - Análise Preliminar de Risco (APR) guilhotina

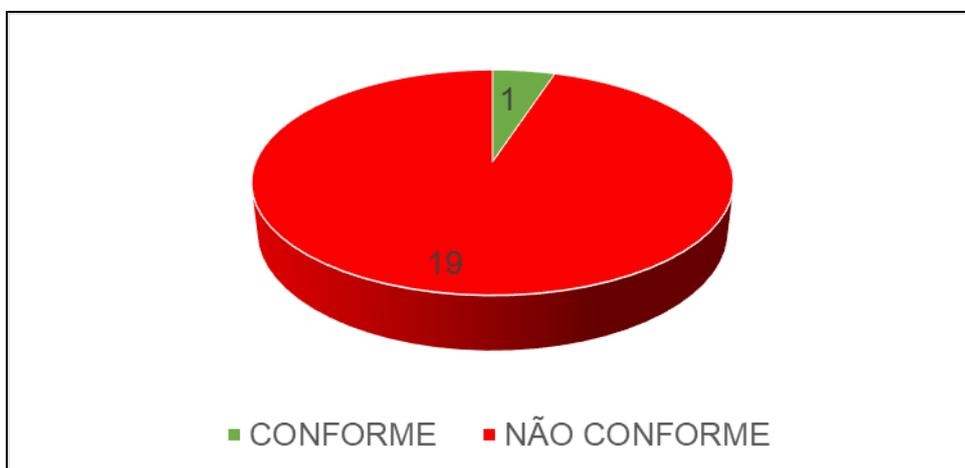
ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO			
Setor: Corte e dobra		Local: Guilhotina	Data: 16/02/2021
ITEM	PERIGO	CONSEQUÊNCIA/ DANO	MEDIDA PREVENTIVA
1	Aproximação de partes móveis contra partes fixas	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo.	Utilização de proteção fixa.
2	Inércia do volante da máquina	Batidas; contusões; cortes; lacerações; fraturas; traumatismo.	Utilização de dispositivo de segurança para monitoramento de energia residual.
3	Falha no sistema de controle	Traumatismo; prensagem; amputações; cortes; lacerações.	Utilização de chave eletromagnética para liga/ desliga.
4	Acionamento com pedal mecânico	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo	Utilização de sistema pneumático de acionamento.
5	Máquina com partes móveis	Traumatismo; cortes; prensagem; amputações; lacerações; hemorragias.	As partes móveis da máquina devem estar protegidas (proteções físicas fixas, móveis intertravadas com sensores).
6	Projeção de partículas ou peças	Ferimento ocular, tórax, mãos e membros.	Instalar proteção que impeça esta projeção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da APR foi verificado que os principais riscos da máquina se concentram na zona frontal, traseira e no sistema de transmissão composto por correias, polias e engrenagens.

Para identificar os itens que compreendem a adequação da guilhotina à NR 12 e que fazem parte dos objetivos desse estudo, foi elaborado um *checklist* mostrado no Apêndice B. O Gráfico 4 apresenta o resultado desse *checklist*, em que, de um total de 20 itens pertinentes a máquina, somente 1 está adequado a Norma Regulamentadora nº 12.

Gráfico 4 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na guilhotina

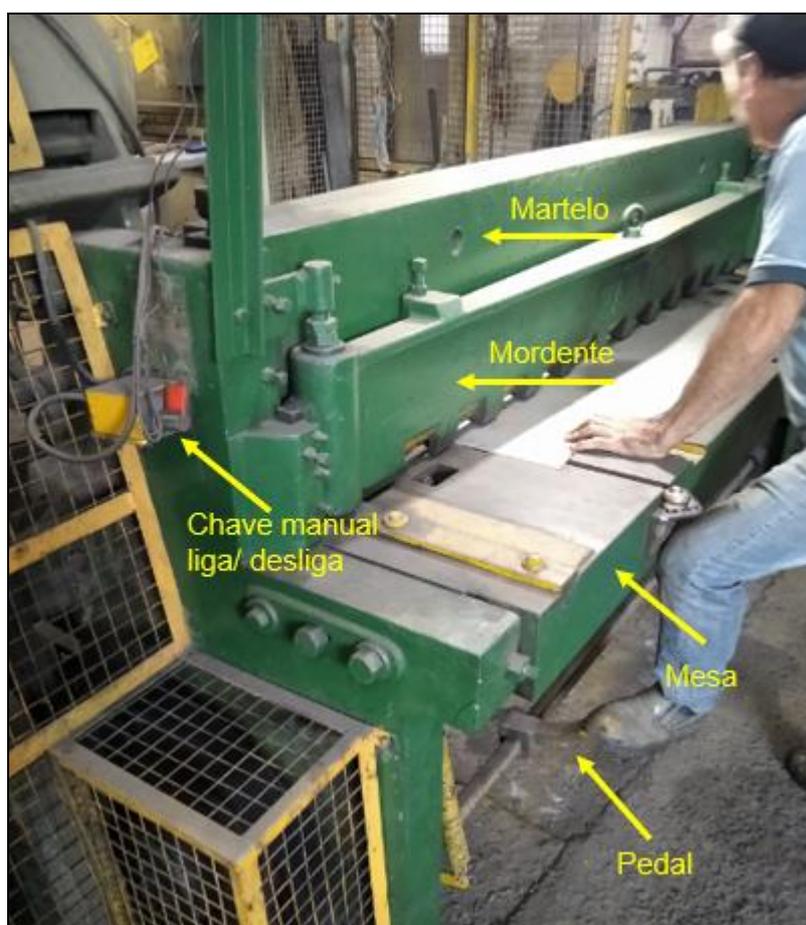


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1 Zona Frontal da Guilhotina

Na zona frontal da guilhotina é onde ocorre toda a operação de corte, após ligar a máquina através da chave manual liga/ desliga o operador posiciona a chapa sobre a mesa da máquina e a empurra até a medida desejada, passando pela lâmina de corte. O acionamento do martelo e do mordente é realizado através de um pedal com atuação mecânica, conforme é mostrado na Fotografia 8, o qual a norma proíbe esse tipo de acionamento. A Norma Regulamentadora nº 12 determina através do item 2.9 do ANEXO VIII que é permitido somente o uso de pedais com acionamento elétrico, pneumático ou hidráulico, não sendo permitido o uso de pedais com acionamento mecânico.

Fotografia 8 - Pedal de acionamento mecânico



Fonte: Registrada pelo autor.

Na região frontal abaixo da mesa conforme mostra a Fotografia 9, o operador tem total acesso ao sistema de eixo e bielas que ficam expostos sem nenhuma proteção física.

Fotografia 9 - Sistema de eixo e biela



Fonte: Registrada pelo autor.

4.2.2 Zona Traseira da Guilhotina

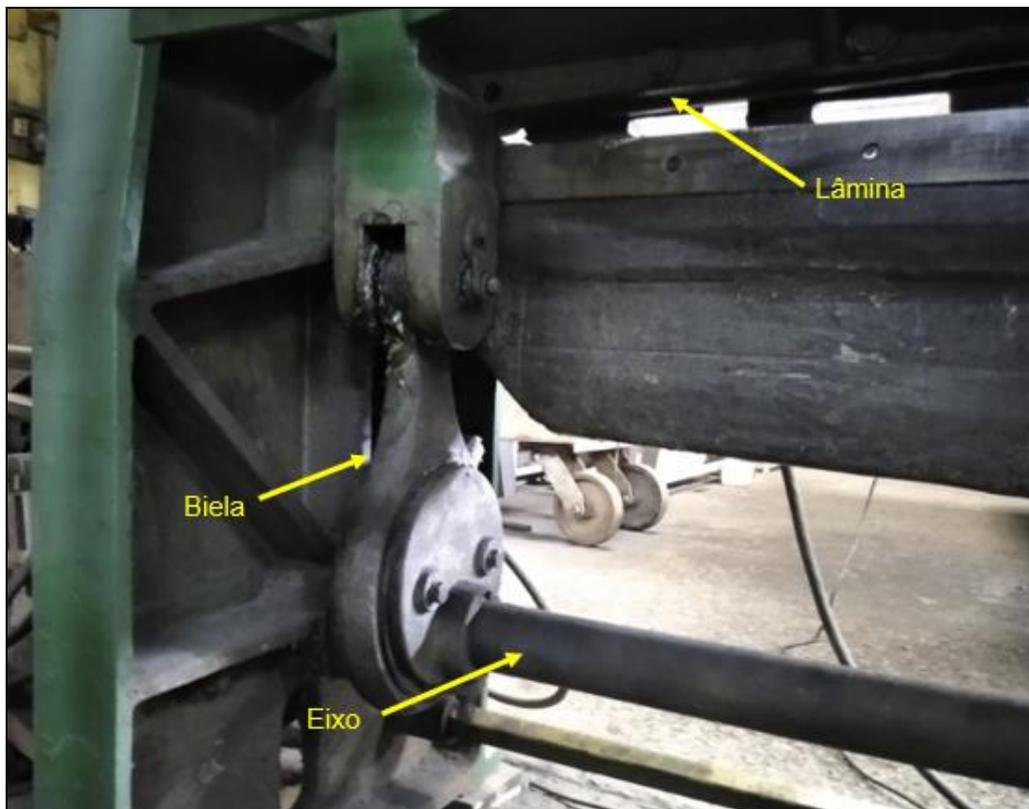
A zona traseira da guilhotina possui um cercamento em tela otis quadrada de 30 mm conforme mostra a Fotografia 10 porém, essa proteção física não garante a segurança do operador, pois não há intertravamentos para impedir o acesso de pessoas na parte traseira da máquina com ela em funcionamento. Na Fotografia 11 é possível ver que ao transpor esse cercamento se tem total acesso ao sistema de eixo, biela e a lâmina com grande potencial para causar acidentes.

Fotografia 10 - Cercamento zona traseira da guilhotina



Fonte: Registrada pelo autor.

Fotografia 11 - Pontos de perigo na zona traseira da guilhotina



Fonte: Registrada pelo autor.

4.2.3 Sistema de Transmissão Mecânica

O sistema de transmissão composto pelo conjunto de polias, correias e engrenagens possuem uma proteção física fabricada em tela otis quadrada de 30 mm conforme Fotografia 12. Essa proteção não atende as distâncias de segurança estabelecidas pela norma NBR NM-ISO 13852:2003, a Fotografia 13 mostra que os dedos de uma pessoa podem tocar facilmente a engrenagem do sistema de transmissão.

Fotografia 12 - Proteção em tela otis



Fonte: Registrada pelo autor.

Fotografia 13 - Proteção ineficaz



Fonte: Registrada pelo autor.

4..2.4 Avaliação dos Riscos na Guilhotina

A avaliação dos riscos na guilhotina foi realizada através do método HRN, com base nas informações da análise preliminar de risco da máquina. A determinação da probabilidade de ocorrência do método HRN seguiu a lógica adotada para a dobradeira hidráulica, baseando-se em índices de acidentes correlatos ao tipo de atividade a qual a empresa exerce e as informações obtidas com os operadores sobre situações de riscos vivenciadas por eles durante a operação da máquina.

A frequência de exposição foi definida em termos de horas na avaliação dos riscos para todos os perigos identificados na APR, em virtude de que a máquina é utilizada diariamente por um período significativo, embora, de maneira não contínua. E, o número de pessoas expostas ao perigo será 1, dado que a operação da máquina é realizada por um único operador.

No Quadro 20 é mostrado o resultado do item 1 da APR, aproximação de partes móveis contra partes fixas, onde a probabilidade foi definida como certeza, visto que, não há proteções instaladas capazes de impedir o contato das mãos do operador com a lâmina da guilhotina e a proximidade com que elas ficam das partes móveis durante a operação, tornando o grau da possível lesão alto, acarretando na possibilidade de amputação de um ou mais dedos das mãos.

Quadro 20 - Perigo: aproximação de partes móveis contra partes fixas

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 1 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Certeza (15)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos ou dos pés (4)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	240
Risco	Muito Alto
Avaliação	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o perigo do item 2 da APR, inércia do volante da máquina, a probabilidade de ocorrência foi determinada como certeza, conforme mostrado no Quadro 21. Isso porque, não há sistema que monitore o movimento de inércia do volante da guilhotina para não permitir o acesso a zona traseira da máquina enquanto este estiver girando. Sendo assim, o grau da possível lesão pode chegar a causar amputação de pelo menos um membro do corpo.

Quadro 21 - Perigo: inércia do volante da máquina

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 2 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Certeza (15)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	480
Risco	Muito Alto
Avaliação	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o perigo do item 3 da APR, falha no sistema de controle, está associado diretamente a chave manual liga/ desliga da máquina, onde, em casos de falta de

energia elétrica o operador tem que lembrar de colocar a chave manual na posição desliga. Caso contrário, no retorno da energia elétrica a guilhotina irá ligar, colocando em movimento todo o sistema de transmissão da máquina, por conta dessa condição a probabilidade de ocorrência é definida como certeza e o grau da possível lesão pode ser a amputação de um ou mais membros conforme mostrado no Quadro 22.

Quadro 22 - Perigo: falha no sistema de controle

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 3 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Certeza (15)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos (10)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	600
Risco	Extremo
Avaliação	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o perigo do item 4 da APR, acionamento com pedal mecânico, mostrado no Quadro 23, a probabilidade de ocorrência foi definida como certeza, devido que, se o pedal for acionado enquanto a guilhotina estiver desligada nada ocorre. Porém, esse comando fica “memorizado” e quando a máquina é energizada a lâmina é acionada instantaneamente, sem um novo comando do operador, o que pode causar a amputação de até dois membros como consequência do grau da possível lesão.

Quadro 23 - Perigo: acionamento com pedal mecânico

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 4 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Certeza (15)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos (10)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	600
Risco	Extremo
Avaliação	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o perigo do item 5 da APR, máquina com partes móveis, foi verificado que as proteções existentes não atendem as distâncias de segurança conforme está

disposto na norma NBR NM-ISO 13852:2003. Além disso, não há nenhum intertravamento monitorando as partes móveis para impedir o acesso de pessoas a zona de perigo, por essa razão, a probabilidade de ocorrência foi definida como certeza e o grau da possível lesão pode ser a amputação de perna, mãos conforme mostrado no Quadro 24.

Quadro 24 - Perigo: máquina com partes móveis

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 5 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Certeza (15)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	480
Risco	Muito Alto
Avaliação	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o perigo do item 6 da APR, projeção de partículas ou peças, conforme mostra o Quadro 25, a projeção se dá em virtude dos pedaços de chapas de aço que caem próximo aos pés do operador a cada corte realizado pela guilhotina. Por conta dessa proximidade, a probabilidade para esse perigo foi determinada como havendo alguma chance de ocorrer e o grau da possível lesão foi considerado leve, visto que, os pedaços de chapa são pequenos e a velocidade com que eles são lançados é baixa.

Quadro 25 – Perigo: projeção de partículas ou peças

APLICAÇÃO DO MÉTODO HRN NO PERIGO 6 ANTES DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO	
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance (5)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Dilaceração, corte ou enfermidade leve (0,5)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	10
Risco	Baixo
Avaliação	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares.

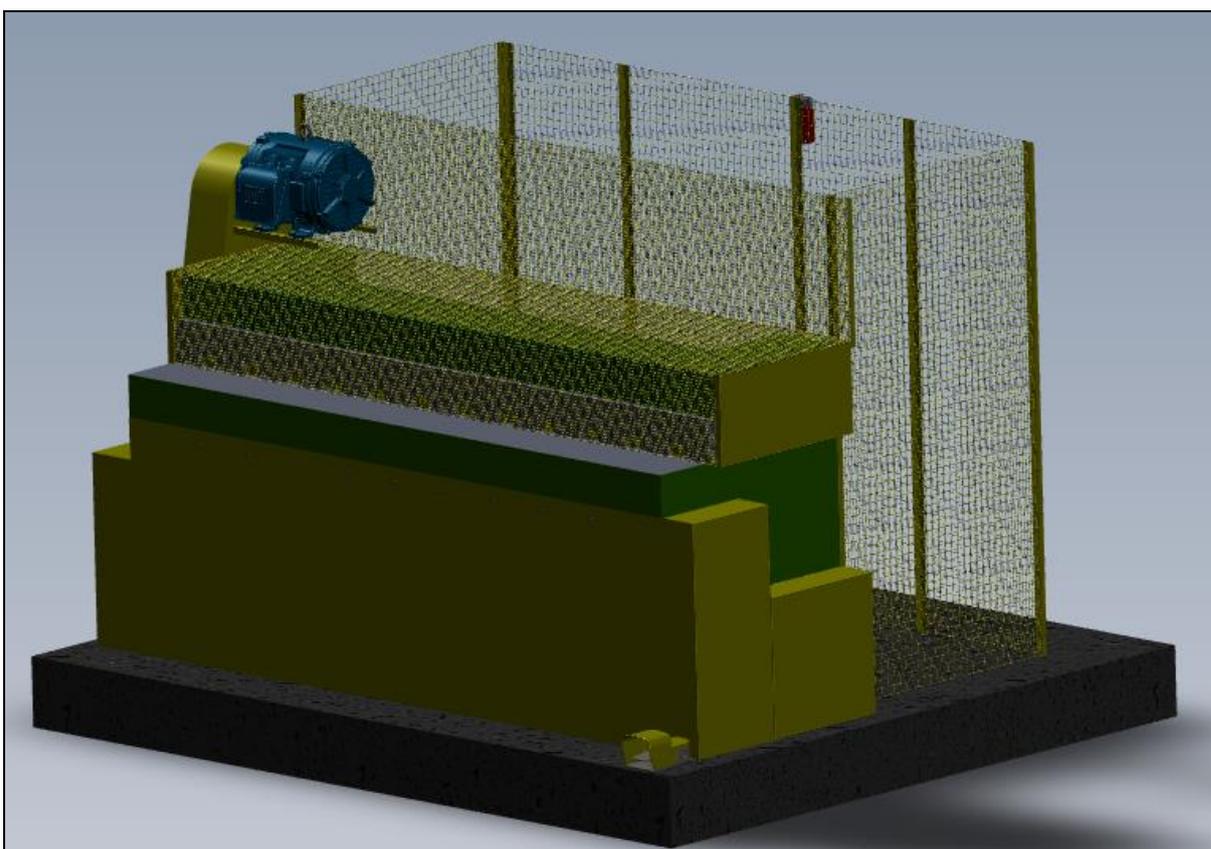
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2.5 Proposta de Adequação da Guilhotina

Através da avaliação de riscos e da APR foi constatado que a guilhotina apresenta riscos caracterizados como sendo extremos, e que a sua mitigação a níveis aceitáveis só será alcançado através da implementação de melhorias em proteções eficazes, conforme determinam as normas. Para isso, foi elaborado uma proposta através de um projeto de melhoria para atendimento aos requisitos de segurança impostos pela NR 12 e pelas demais normas técnicas por ela citada.

Para a zona frontal da máquina na região do mordente e do martelo foi projetado de acordo com a tabela 4 da norma NBR NM-ISO 13852:2003 uma proteção em tela otis quadrada de 10 mm com fio 12 conforme Figura 22, a abertura para a passagem do material será de 5 mm, com isso se elimina a possibilidade do operador ter contato com esse conjunto móvel da guilhotina.

Figura 22 - Proteção mordente e martelo

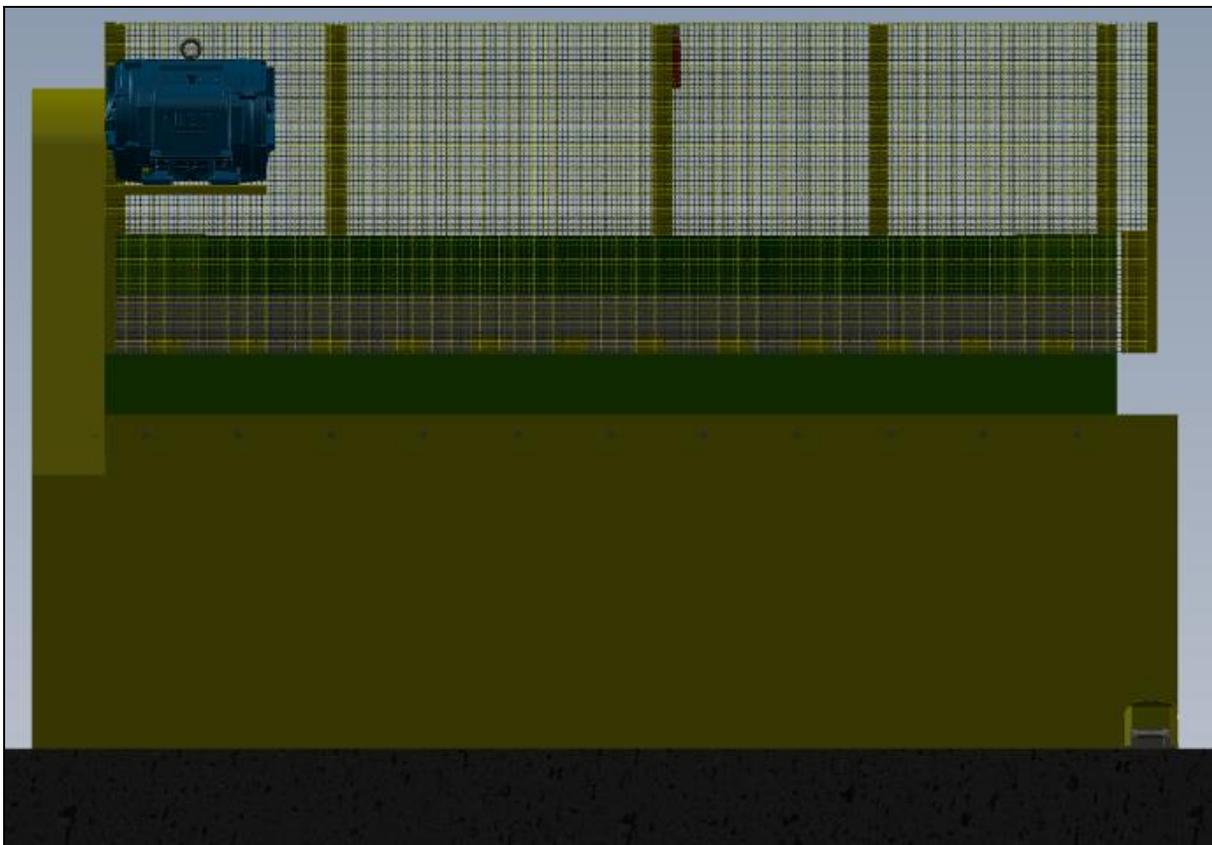


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para proteger o operador da projeção de peças, do eixo e das bielas na zona frontal inferior da guilhotina foi projetado o fechamento dessa região com uma chapa

de aço conforme mostra a Figura 23, dessa forma, o acesso a esse sistema de transmissão fica limitado a zona traseira da máquina.

Figura 23 - Proteção zona frontal inferior



Fonte: Elaborado pelo autor.

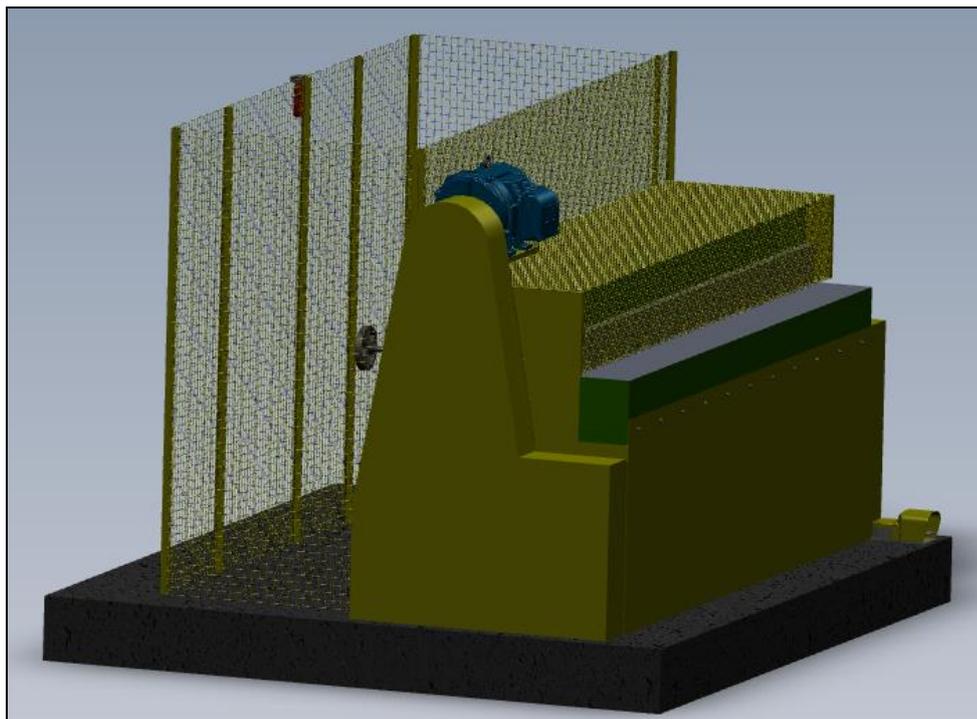
A proteção em tela otis da zona traseira e lateral da guilhotina serão totalmente aproveitadas, apenas será necessário realizar a junção da proteção frontal da lâmina da máquina com a tela da proteção lateral, para atendimento as distâncias de segurança conforme especifica a tabela 4 da norma NBR NM-ISO 13852:2003. A proteção do sistema de transmissão da guilhotina será composta por proteções em chapa de aço. A Fotografia 14 mostra a situação atual do cercamento da máquina e a Figura 24 apresenta a proposta para adequação dessas zonas.

Fotografia 14 - Laterais da guilhotina sem proteção



Fonte: Registrada pelo autor.

Figura 24 – Zonas laterais e traseira da guilhotina protegidas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o intertravamento da porta da proteção traseira da guilhotina será recomendado a chave de segurança CISS-P da marca Weg, conforme mostra a Figura 25. Essa chave possui uma bobina interna a qual deve ser energizada para destravar, assim, é possível associá-la a um relé de segurança de velocidade zero, capaz de monitorar se o rotor do motor elétrico está girando em função de forças inerciais. Dessa forma, é possível garantir que a porta da proteção será destravada somente quando o volante da máquina estiver totalmente parado.

Figura 25 - Chave de intertravamento da porta traseira



Fonte: Chave... (2020).

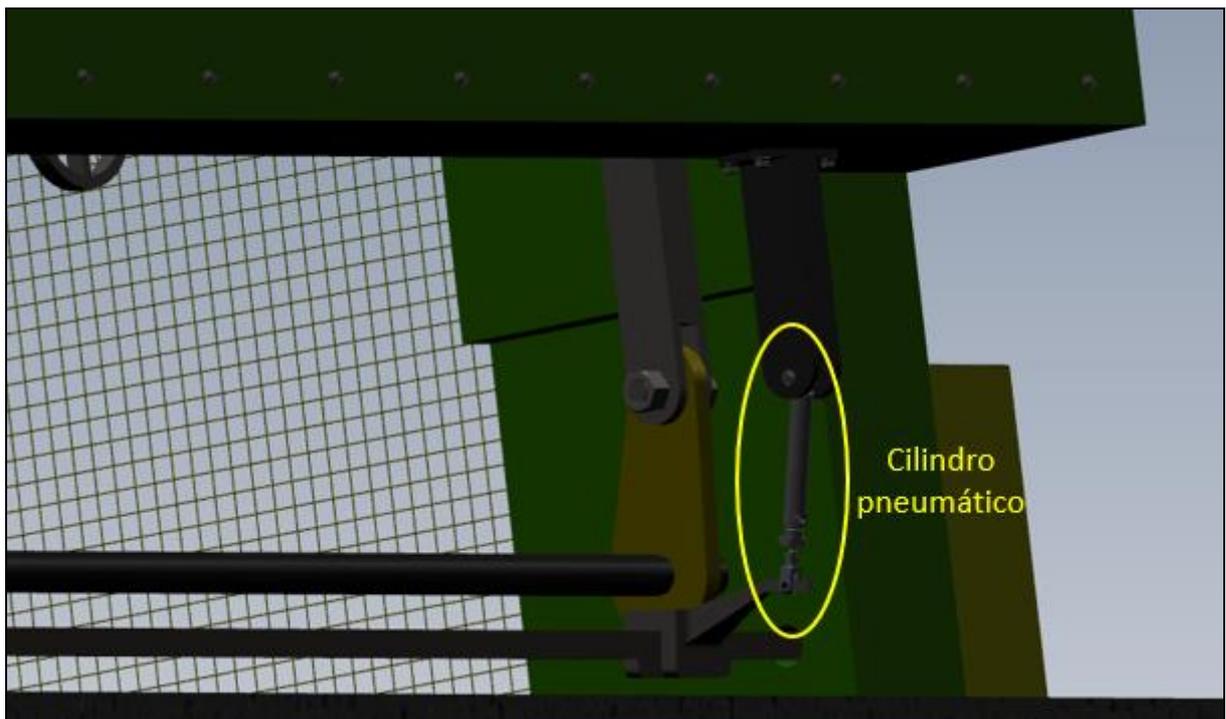
O atual sistema de acionamento da guilhotina é realizado através de um pedal mecânico conforme Fotografia 15, o qual está em desacordo com a NR 12. Para a adequação desse mecanismo foi projetado um sistema eletropneumático, apresentado na Figura 26. O comando para realizar o corte da chapa irá partir de uma pedaleira de acionamento elétrico de três posições, conforme detalhado na Figura 18, modelo T2FH 232-11 da marca *Schmersal*. Através desse comando o cilindro pneumático irá avançar movimentando o mecanismo que engata o volante da guilhotina ao conjunto eixo e biela.

Fotografia 15 - Pedal de acionamento mecânico



Fonte: Registrada pelo autor.

Figura 26 - Acionamento eletropneumático



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para determinar a força requerida pelo cilindro pneumático para movimentação do mecanismo, foi utilizada uma balança conectada ao pedal da máquina, após foi pressionado o pedal da guilhotina até o ponto em que ocorre o acionamento da lâmina conforme Fotografia 16 e a Fotografia 17 e assim, verificou-se que a força requerida era de 19,54 kgf.

Fotografia 16 – Acionamento do pedal para medição da força



Fonte: Registrado pelo autor.

Fotografia 17 - Medição da força requerida para acionamento da guilhotina



Fonte: Registrada pelo autor.

Conhecendo a força mínima requerida pelo cilindro pneumático para acionamento do mecanismo e, sabendo que na empresa há uma rede de ar comprimido com pressão de 6 kgf/cm², é possível determinar o diâmetro do atuador pneumático conforme demonstra o Quadro 26.

Quadro 26 - Dimensionamento do cilindro pneumático

Força requerida (F)	F = 19,54 kgf
Pressão de ar disponível (p)	p = 6 kgf/cm ²
Área do êmbolo ($A_e = F/p$)	$A_e = 3,25 \text{ cm}^2$
Diâmetro do êmbolo ($D_e = (A_e \cdot 4/\pi)^{1/2}$)	$D_e = 20,34 \text{ mm}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no diâmetro (D_e) encontrado, foi especificado um cilindro pneumático da marca SMC de simples ação, retorno por mola com 25 mm de diâmetro e curso de 100 mm conforme Figura 27.

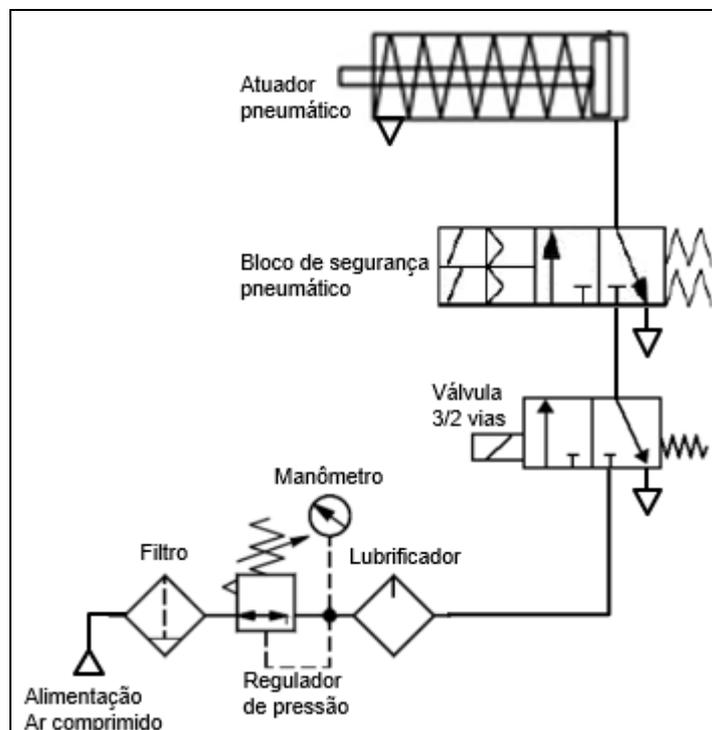
Figura 27 - Cilindro pneumático SMC C-85-N25-100S-B



Fonte: Atuadores [2020?].

Na Figura 28 é apresentado o diagrama pneumático para o acionamento da guilhotina, o avanço e recuo do atuador pneumático será realizado através de uma válvula 3/2 vias em série com um bloco de segurança da marca Ross, modelo DM2DDB20A2X conforme mostra a Figura 29, que atende a categoria 4 de segurança para a aplicação em prensas e similares.

Figura 28 - Diagrama pneumático



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 - Bloco pneumático de segurança



Fonte: Válvulas... (2012).

O sistema liga/ desliga com chave manual da guilhotina deve ser substituído por uma chave eletromagnética do tipo contatora conforme Figura 30, dimensionada e especificada por um engenheiro electricista. Dessa forma, é possível garantir que em situações de falta de energia elétrica a máquina não volte a ligar sem que haja o comando por parte do operador.

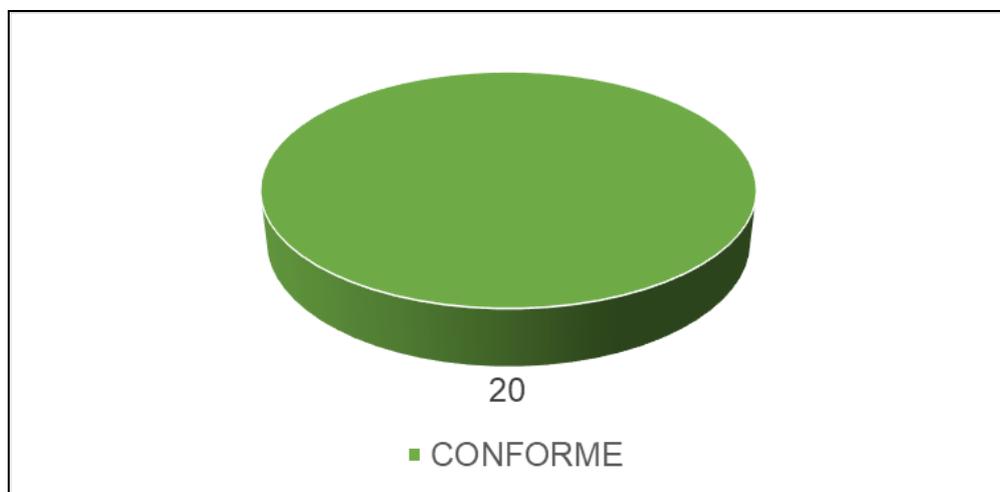
Figura 30 - Chave eletromagnética



Fonte: Contatores... (2020).

Como forma de identificar se a proposta de adequação para a guilhotina a NR 12 atende aos requisitos dessa norma, foi aplicado novamente o *checklist* do Apêndice B. O Gráfico 5 mostra que todos os 19 itens não conformes anteriormente a proposta de adequação a Norma Regulamentadora nº 12, passarão a atender a todos os requisitos listados no *checklist*.

Gráfico 5 - Aderência de atendimento aos requisitos da NR 12 na guilhotina pós adequação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para verificar a eficácia do projeto de adequação à Norma Regulamentadora nº 12 referente a redução dos riscos operacionais na guilhotina, foi realizado uma nova avaliação dos riscos, conforme Quadro 27, considerando a implementação das melhorias propostas nesse trabalho. De acordo com essa nova avaliação, ficou constatado que os riscos foram atenuados e que a operação da máquina pode ser realizada com segurança.

Quadro 27 - Avaliação dos riscos na guilhotina considerando a implementação das adequações

PARÂMETROS HRN	PERIGOS					
	APROXIMAÇÃO DE PARTES MÓVEIS CONTRA PARTES FIXAS	INÉRCIA DO VOLANTE DA MÁQUINA	FALHA NO SISTEMA DE CONTROLE	ACIONAMENTO COM PEDAL MECÂNICO	MÁQUINA COM PARTES MÓVEIS	PROJEÇÃO DE PARTÍCULAS OU PEÇAS
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)	Quase impossível (0,033)
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)	Em termos de horas (4)
Grau da Possível Lesão (GPL)	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos ou dos pés (4)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos (10)	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos (10)	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão (8)	Dilaceração, corte ou enfermidade leve (0,5)
Número de Pessoas Expostas (NP)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)	1 a 2 pessoas (1)
Resultado HRN = LO * FE * GPL * NP	0,52	1,056	1,32	1,32	1,056	0,066
Risco	Aceitável	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Aceitável
Avaliação	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 28 exemplifica a importância da adequação de segurança na guilhotina e mostra a relação entre os perigos, as suas consequências e como os riscos de operação podem ser reduzidos após a adequação à Norma Regulamentadora nº 12.

Quadro 28 - Comparativo dos riscos antes e depois do projeto de adequação

ITEM	PERIGOS	CONSEQUÊNCIA/ DANO	RISCO ANTES	RISCO DEPOIS
1	Aproximação de partes móveis contra partes fixas	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo.	Muito Alto	Aceitável
2	Inércia do volante da máquina	Batidas; contusões; cortes; lacerações; fraturas; traumatismo.	Muito Alto	Muito Baixo
3	Falha no sistema de controle	Traumatismo; prensagem; amputações; cortes; lacerações.	Extremo	Muito Baixo
4	Acionamento com pedal mecânico	Esmagamento; lacerações; fraturas; traumatismo	Extremo	Muito Baixo
5	Máquina com partes móveis	Traumatismo; cortes; prensagem; amputações; lacerações; hemorragias.	Muito Alto	Muito Baixo
6	Projeção de partículas ou peças	Ferimento ocular, tórax, mãos e membros.	Baixo	Aceitável

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para alcançar esse nível de segurança é necessário um alto investimento conforme mostra o Quadro 29. O custo para a adequação desse tipo de máquina chega a ser o dobro do valor de mercado da guilhotina, apesar da norma proibir a comercialização de prensas e similares de engate por chaveta conforme está disposto no item 9.2 do ANEXO VIII da NR 12, é encontrando com facilidade a oferta dessas máquinas em sites na internet.

Quadro 29 - Custo de implementação do projeto da guilhotina

Descrição	Valor (R\$)
Chave de segurança Weg CISS-P	779,30
Proteção martelo e mordente em tela otis	2.200,00
Proteção frontal inferior em chapa de aço carbono SAE 1020, espessura 2 mm	2.100,00
Pedaleira <i>Schmersal</i> T2FH 232-11	882,45
Cilindro pneumático SMC C-85-N25-100S-B	370,00
Bloco pneumático de segurança Ross, modelo DM2DDB20A2X	8.257,00
Proteção sistema de transmissão	4.800,00
Instalação mecânica	12.800,00
Mão de obra engenharia	32.000,00
Total geral	64.188,75

Fonte: Elaborado pelo autor.

Passado o prazo para a indústria se adequar à nova redação elaborada em 2010 da NR 12, os indicadores de acidentes começaram a mostrar uma evolução positiva na redução dos índices de acidentes de trabalho de modo geral e colocam o Brasil em um novo patamar. Em 2016 foi a primeira vez que o Brasil registrou menos de 600 mil acidentes em um ano, a partir de 2007, quando se passou a reconhecer acidentes de trabalho sem CAT registrada por meio de Nexo Técnico. Essa marca histórica se repetiu nos dois anos seguintes, sinalizando que as ações tomadas pelo governo em anos anteriores surtiram o efeito desejado.

O incentivo fiscal para a adequação de máquinas usadas nas micro e pequenas empresas poderia contribuir com uma redução ainda maior nos índices de acidentes do trabalho relacionados a proteção de máquinas. Porém, para que isso seja possível, será necessária uma alteração na Lei Complementar 123 de dezembro de 2006, que através do artigo 24 proíbe a destinação de incentivo fiscal pelas micro e pequenas empresas que são optantes pelo sistema de tributação Simples Nacional. Cabe ao governo federal criar alternativas diante do alto custo que a NR 12 representa, para impulsionar a adequação de máquinas nas micro e pequenas empresas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Norma Regulamentadora nº 12 contribuiu com a redução de acidentes do trabalho no Brasil a partir da revisão ocorrida em 2010, contudo, as adequações para garantir máquinas seguras para o uso de trabalhadores acarretaram um alto custo para as empresas se adequar aos requisitos da NR 12. Diante disso, houve uma pressão da indústria para que a norma fosse flexibilizada e fundamentada no equilíbrio econômico e na garantia da segurança dos trabalhadores. Razão essa, pela qual, a Norma Regulamentadora nº 12 passou por diversas revisões até a última ocorrida em 2019.

Embora a NR 12 tenha sido flexibilizada a partir das revisões ocorridas, foram mantidos os principais requisitos para a garantia da operação segura de máquinas e equipamentos. Isso foi demonstrado através da aplicação da ferramenta HRN nas máquinas avaliadas nesse trabalho, após o projeto de adequação sugerido para a dobradeira hidráulica e para a guilhotina, seguindo os requisitos estabelecidos pela NR 12 e as normas técnicas por ela citada.

No estudo de caso realizado, ficou evidente que os custos envolvidos nas adequações a Norma Regulamentadora nº 12 continuam elevados, isso para a micro e pequena empresa tem um impacto enorme, visto que, as despesas com adequações podem ultrapassar 1/3 da receita das atividades comerciais, considerando que uma microempresa se caracteriza por ter faturamento bruto anual inferior a R\$ 360 mil e a pequena empresa por faturar de R\$ 360 mil a R\$ 4,8 milhões, o que torna inviável economicamente as melhorias em segurança.

Máquinas e equipamentos adequados a legislação além de reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes, representam menor gasto para o governo com benefícios previdenciários e em consequência disso, deveria haver incentivos fiscais fomentando a implementação de melhorias em segurança de máquinas e equipamentos nas micro e pequenas empresas. Já que, a situação em que se encontram as máquinas da empresa que serviu de objeto de estudo para esse trabalho, é a realidade de outras tantas no país.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, Vanessa Barreto. O que é APR (Análise Preliminar de Risco)?. *In*: SILO.TIPS. [S. l.], 29 jan. 2017. Disponível em: <https://silo.tips/download/o-que-e-apr-analise-preliminar-de-risco-objetivos-da-apr-entre-os-principais-obj#:~:text=APR%20%C3%A9%20uma%20t%C3%A9cnica%20de,dos%20riscos%20envolvido%20nesta%20tarefa>. Acesso em: 12 out. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 14153**: segurança de máquinas: partes de sistemas de comando relacionados à segurança: princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, 2013a. Documento em PDF.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 12100**: segurança de máquinas: princípios gerais de projeto: apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2013b. Documento em PDF.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO/TR 14121:2**: segurança de máquinas: apreciação de riscos parte 2: guia prático e exemplo de métodos. Rio de Janeiro, 2018. Documento em PDF.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR NM-ISO 13852**: segurança de máquinas: distâncias de segurança para impedir o acesso as zonas de perigo pelos membros superiores. Rio de Janeiro, 2003. Documento em PDF.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (ABIMAQ). **NR 12/2010**: Princípios básicos de sua aplicação na segurança do trabalho em prensas e similares. Porto Alegre: ABIMAQ, 2012. Disponível em: http://www.abimaq.org.br/comunicacoes/dec/Principios_Basicos_de_sua_Aplicacao_na_Seguranca_do_Trabalho_em_Prensas_e_Similares.pdf. Acesso em: 11 set. 2020.
- BLOCOS de segurança para prensas hidráulicas. *In*: AUTOMAX AUTOMAÇÃO. [S. l.], abr. 2012. Disponível em: https://www.automaxautomacao.com.br/wp-content/uploads/2018/03/blocoshidraulicos_abr12.pdf. Acesso em: 23 jan. 2021.
- BRASIL, Ministério da Economia. **Governo moderniza Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho**. Brasília, DF, 30 jul. 2019. <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2019/07/governo-moderniza-normas-regulamentadoras-de-seguranca-e-saude-no-trabalho#:~:text=Estudo%20realizado%20pela%20Secretaria%20de,e%201%25%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20industrial>. Disponível em: Acesso em 29 ago. 2020
- BRASIL, Ministério da Fazenda. Secretaria de Previdência. **Anuário estatístico de acidentes do trabalho**: 2017. Brasília, DF: Ministério da Fazenda, 2017. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf>. Acesso em 29 ago. 2020.
- BRASIL. **Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006**. Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte; altera dispositivos das

Leis nº 8.212 e 8.213, ambas de 24 de julho de 1991, da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, da Lei nº 10.189, de 14 de fevereiro de 2001, da Lei Complementar nº 63, de 11 de janeiro de 1990; e revoga as Leis nº 9.317, de 5 de dezembro de 1996, e 9.841, de 5 de outubro de 1999. Brasília, DF: Presidência da República, 206. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp123.htm. Acesso em: 16 maio 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977**. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1977. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm. Acesso em: 26 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 8.213, de 24 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm. Acesso em: 26 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 12**: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília, DF: Ministério do Trabalho, 1978a. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-12.pdf. Acesso em: 03 ago. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho. Portaria nº 197/SIT, de 14 de dezembro de 2010. Altera a Norma Regulamentadora n.º 12 - Máquinas e Equipamentos, aprovada pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, págs. 211 a 232, 24 dez. 2010. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_Legislacao/SST_Legislacao_Portarias_2010/Portaria-n.-197-Nova-NR-12---Revogada.pdf. Acesso em: 28 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 4**: serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho. Brasília, DF: Ministério do Trabalho, 1978b. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-04.pdf. Acesso em 29 ago. 2020.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes /uma abordagem holística**: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597008661/cfi/6/36!/4@0:0>. Acesso em: 26 ago. 2020.

CHAVE de intertravamento de segurança cis-m. *in*: WEG. Jaraguá do Sul, 14 set. 2020. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h03/hf9/WEG-manual-de-operacao-da-chave-de-intertravamento-de-seguranca-cis-m-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 30 de jan. 2021.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas**: o novo papel dos recursos humanos nas organizações. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CHUPIL, Henrique. Acidentes ambientais e planos de contingência. 1.ed. Curitiba: Intersaberes, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/5546/pdf/1?code=UQZFLbG05xi bm++VeFhj6ArRNHcth4mPH+yRfvcBRAKW7DqOQv3HnwHEPHs704V+UkzcJucqXq /6HPEd5Blczg==.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

CONTADORES para aplicação de segurança cwbs. *in*: WEG. Jaraguá do Sul, 24 fev. 2020. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h43/h0c/WEG-contactors-for-safety-applications-CWBS-50070878-en.pdf>. Acesso em: 24 de abr. 2021.

DEFENDER Plus. *In*: SCHMERSAL. [S. l.], c2020. Disponível em: https://www.schmersal.com.br/fileadmin/download/global/br/catalogos_pt/defender_plus.pdf. Acesso em 28 de jan. 2021.

DIEHL, Astor Antônio; TATIM, Denise Carvalho. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas**: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/22/pdf/5?code=Fdj19dvO9tii5qR98nfODABwWBvHk0MPpr2lbGYoeg/o/An95ZZ8I7/r2/4FB0wTSgURMaACa4BaOouB Gus/rA==>. Acesso em: 10 out. 2020.

DOBRADEIRA hidráulica wc67y 250ton 3200 with snc 41 programs. *In*: SOLOSTOCKS. [S. l.], 14 fev. 2018. Disponível em: <https://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outra-maquinaria/dobradeira-hidraulica-wc67y-250ton-3200-with-snc-41-programs-892977>. Acesso em: 15 set. 2020.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (FIERGS). **Manual básico de segurança em prensas e similares**. Porto Alegre: FIERGS, 2006. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/denilsonaraujo7777/manual-segurana-prensas-e-similares>. Acesso em: 11 set. 2020.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018. *E-book* (não paginado). Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/cfi/6/10!/4/2@0:0>. Acesso em: 11 nov. 2020.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005.

JUNIOR, Ivar Benazzi; CAVERSAN, Elpidio Gilson. Tecnologia de estampagem 1: corte. *In*: ETEC: Rubens de Faria e Souza. Sorocaba, set. 2012. Disponível em: http://www.eterfs.com.br/material/mecanica/APOSTILA_DE_ESTAMPO_FATEC-220813-2.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

KONINCK, J de e GUTTER, D. **Manual do Ferramenteiro**: corte-dobragem e embutição das lâminas de metal. 2. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1971.

LANDIM, Claudio Givanildo Molinari. **Análise do sistema de proteção de uma prensa mecânica excêntrica servoacionada para verificação da conformidade com a NR 12**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em

Segurança do Trabalho) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65919/000869208.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 ago. 2020.

MARCONDES, José Sérgio. Segurança do trabalho, o que é, importância, atividades, como funciona. *In: Blog gestão de segurança privada*. [S. l.], 01 jan. 2016. Disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/seguranca-do-trabalho-conceito/#Definicao-seguranca-trabalho>. Acesso em: 26 ago 2020.

MELINTEREST. **Guilhotinas industriais**. Disponível em: <http://br.melinterest.com/?r=site/search&category=MLB277672>. Acesso em: 15 set. 2020.

MENDES, René. **Máquinas e acidentes de trabalho**. Brasília: MTE/SIT; MPAS, 2001. *E-book*. Disponível em: <http://www.livrosgratis.com.br/busca/M%E1quinas%20e%20Acidentes%20de%20Trabalho/1>. Acesso em 28 ago. 2020.

NASCIMENTO, Francisco Paulo do; SOUSA, Flávio Luís Leite. **Metodologia da Pesquisa Científica**: Teoria e prática. 1. ed. Brasília, DF: Thesaurus, 2015.

NOGUEIRA, Rodrigo. Impactos econômicos dos acidentes do trabalho. *In: SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (SESI-CE)*. [S. l.], [2018?]. Disponível em: <https://www.sesi-ce.org.br/blog/impactos-economicos-dos-acidentes-de-trabalho/>. Acesso em: 27 set. 2020.

NR 12 comentários ao novo texto geral (portaria nº 916, de 30/07/19). *In: PORTAL da indústria*. Serviço Social da Indústria, Departamento Nacional, Confederação Nacional da Indústria. SESI/DN, CNI. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/10/nr-12-comentarios-ao-novo-texto-geral-portaria-n-916-de-300719/>. Acesso em: 01 set. 2020.

OLIVEIRA, Douglas Luciano da Silva. **Otimização do corte de pontas de um aço livre de intersticiais laminado a quente usando tesoura do tipo guilhotina**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Concentração: Materiais Metálicos, Cerâmicos e Poliméricos) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, Lorena, 2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97134/tde-26092012-165649/publico/EMD11002.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

OLIVEIRA, João Cândido de. Segurança e saúde no trabalho: uma questão mal compreendida. *In: SEDAE*. São Paulo, 1 jun. 2003. Disponível em: <https://www.seade.gov.br/wp-content/uploads/2014/07/v17n2.pdf>. Acesso e: 25 ago. 2020.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Observatório Digital de Saúde e Segurança no Trabalho**. [S. l.], [2020?]. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>. Acesso em: 27 set. 2020.

PEDALEIRA Industrial. *In*: SCHMERSAL. [S. l.], c2020. Disponível em: <https://www.schmersal.com.br/automacao/produto/pedaleira-industrial/>. Acesso em 31 de jan. 2021.

PLACAS e blocos manifold. *In*: HIDROSISTEMAS. [S. l.], [2020?]. Disponível em: <https://www.hidrosistemas.ind.br/?imediatas=placas-e-blocos-manifold>. Acesso em: 12 set. 2020.

RIBEIRO, Valdeci T. O acidente de trabalho e as perdas materiais. *In*: LIVESEG. [S. l.], c2010. Disponível: http://www.liveseg.com/artigos_acid_trab_perd_mat.html. Acesso em 28 ago.2020.

SALIBA, Tuffi Messias. Curso básico de segurança e higiene ocupacional. 5.ed. São Paulo: LTr, 2013. *E-book*. Disponível em: <http://www.ltr.com.br/loja/folheie/4883.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

SILVA, Isabel Barreto Rochedo da; Souza, Braulio Salvador. A melhor alternativa: método *Hazard Rating Number* oferece maior precisão. **Revista Proteção**: anuário estatístico brasileiro de proteção, Novo Hamburgo, p. 76-81, 2011.

SISTEMAS hidráulicos. *In*: OTTO. Londrina, 28 set. 2012. Disponível em: <http://www.ottosistemas.com.br/noticias.php?ler=Mzcx>. Acesso em: 12 set. 2020.

SOUZA, Fábio Gil de. **Impactos da nova redação da NR 12 nas indústrias**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3477/1/CT_CEEEST_XXVII_2014_15.pdf. Acesso em: 27 set. 2020.

STEEL, Chris. Risk estimation techniques. *In*: **Blog SHP safety & health practitioner**. Disponível em: <https://www.shponline.co.uk/blog/throwback-thursday-risk-estimation/>. [S.l.], jun. 1990. Acesso em: 14 nov. 2020.

VÁLVULAS de segurança para o comando do freio e embreagem de prensas mecânicas. *In*: TECNIAR. Contagem, ago. 2012. Disponível em: <https://www.tecniar.com.br/wp-content/themes/tecniar/downloads/ross/valvulas-seguranca-prensa.pdf>. Acesso em 04 de mar. 2021.

VILELA, Rodolfo Andrade Gouveia. Acidentes do trabalho com máquinas: identificação de riscos e prevenção. **Caderno de saúde do trabalhador**, Brás, out. 2000. Disponível em: <https://www.coshnetwork.org/sites/default/files/caderno5%20maquina.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020.

WISSELINK, Hendrik Herman. **Analysis of guillotining and slitting**: finite element simulations. 2000. Thesis (Ph.D) – University of Twente, Enschede, 2000. Disponível em: <https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/6075132/t0000015.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

**APÊNDICE A – CHECKLIST DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NR 12
PARA A DOBRADEIRA HIDRÁULICA**

ITEM	CHECKLIST NR 12 DOBRADEIRA HIDRÁULICA	CONDIÇÃO	
		5	29
	DESCRIÇÃO	OK	NOK
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.		X
12.5.1.1	Quando utilizadas proteções que restringem o acesso do corpo ou parte dele, devem ser observadas as distâncias mínimas conforme normas técnicas oficiais ou normas internacionais aplicáveis.		X
12.5.2	Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos: a) ter categoria de segurança conforme apreciação de riscos prevista nas normas técnicas oficiais;		X
12.5.2	b) estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado;		X
12.5.2	c) possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;		X
12.5.2	d) instalação de modo que dificulte a sua burla;		X
12.5.2	e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, se indicado pela apreciação de risco, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos; e		X
12.5.2	f) paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho.		X
12.5.7	As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem: a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;		X
12.5.7	b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e		X
12.5.7	c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas.		X
12.5.8	Os dispositivos de intertravamento com bloqueio associados às proteções móveis das máquinas e equipamentos devem: a) permitir a operação somente enquanto a proteção estiver fechada e bloqueada;		X
12.5.8	b) manter a proteção fechada e bloqueada até que tenha sido eliminado o risco de lesão devido às funções perigosas da máquina ou do equipamento; e		X

ITEM	CHECKLIST NR 12 DOBRADEIRA HIDRÁULICA	CONDIÇÃO	
		5	29
	DESCRIÇÃO	OK	NOK
12.5.8	c) garantir que o fechamento e bloqueio da proteção por si só não possa dar início às funções perigosas da máquina ou do equipamento.		X
12.5.9	As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, desde que ofereçam risco, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.		X
12.7.2	As mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados devem ser localizados ou protegidos de tal forma que uma situação de ruptura destes componentes e vazamentos de fluidos não possa ocasionar acidentes de trabalho.	X	
12.7.4	Os sistemas pressurizados das máquinas devem possuir meios ou dispositivos destinados a garantir que: a) a pressão máxima de trabalho admissível nos circuitos não possa ser excedida; e	X	
12.7.4	b) quedas de pressão progressivas ou bruscas e perdas de vácuo não possam gerar perigo.	X	
ANEXO VIII PRENSAS E SIMILARES			
4.1.1	O sistema de segurança deve impedir ou detectar o acesso pelas laterais e parte traseira da máquina às zonas de perigo, conforme item 12.5 - Sistemas de Segurança e seus subitens.		X
4.1.2	O sistema de segurança frontal deve cobrir a área de trabalho, e ser selecionado de acordo com as características construtivas da máquina e a geometria da peça a ser conformada.		X
4.1.2.1.1	O Sistema de segurança de detecção multizona - ESPE /AOPD multizona deve prover uma zona de proteção com uma capacidade de detecção de 14 mm (quatorze milímetros) que se estenda no plano vertical diretamente abaixo da linha de centro da ferramenta superior, mas não mais que 2,5 mm (dois vírgula cinco milímetros) atrás (plano de dobra).		X
4.1.2.1.1.2	A zona de proteção também deve se estender à frente do plano de dobra por, pelo menos, 15 mm.		X
4.1.2.1.1.8	Para um modo especial de operação, como dobra de caixa, medidas de segurança devem ser tomadas para a desativação da(s) zona(s) de proteção frontal e/ou traseira quando disponível, mantendo ativa a zona de proteção central, conforme indicado na figura 1:		X
4.1.2.1.1.8.1	Este modo especial de operação deve ser realizado pelo operador por meio de um dispositivo de validação e deve ser automaticamente desativado: a) a cada energização da máquina;		X
4.1.2.1.1.8.1	b) após mudanças de modos de seleção ou operação;		X
4.1.2.1.1.8.1	c) após a mudança de programa do controle numérico;		X

ITEM	CHECKLIST NR 12 DOBRADEIRA HIDRÁULICA	CONDIÇÃO	
		5	29
	DESCRIÇÃO	OK	NOK
4.1.2.1.1.8.1	d) dentro de 8 horas de operação.		X
4.1.2.2	A segurança na movimentação mecanizada (não manual) dos encostos traseiros deve ser garantida através da determinação de uma zona de segurança maior ou igual a 50mm (cinquenta milímetros) entre o encosto e a ferramenta inferior, e de no mínimo uma das seguintes alternativas: a) velocidade de aproximação menor ou igual a 2m/min (dois metros por minuto), ou	X	
4.1.2.2	b) limitação da força a 150N (cento e cinquenta Newtons), ou	-	-
4.1.2.2	c) sistema de basculamento dos encostos, associado à aproximação com movimento horizontal com no mínimo 5mm (cinco milímetros) acima da ferramenta inferior e posterior movimentação descendente para o posicionamento final dos encostos.	-	-
4.1.2.3	A segurança contra os riscos decorrentes da aproximação da chapa a ser dobrada e o avental da máquina deve ser garantida através da redução da velocidade de dobra (quando aplicável) e do uso do pedal de três posições conforme Anexo I B desta NR.		X
4.1.2.4	Deve ser realizado o teste do escorregamento nas dobradeiras hidráulicas no máximo a cada 30 (trinta) horas de uso contínuo e/ou a cada energização da máquina, através de um sistema eletrônico de monitoramento de segurança classificado como no mínimo de categoria 2, conforme norma ABNT NBR 14153, associado a um sistema de came, encoder linear ou rotativo, ou automaticamente pelo próprio ESPE /AOPD multizona.		X
4.1.2.5	Para a função de blanking do ESPE /AOPD multizona, deve haver a garantia de velocidade lenta (menor ou igual a 10mm/s), feita através do monitoramento direto das válvulas de velocidade rápida ou através da medição direta de velocidade do avental, ambas por um sistema de segurança classificado no mínimo como categoria 3 conforme norma ABNT NBR 14153.		X
4.1.3	Aplicam-se as dobradeiras hidráulicas o subitem 2.6 e seus subitens, deste Anexo.		X
5.2	Os dispositivos hidráulicos e/ou pneumáticos devem possuir um dos seguintes sistemas de segurança nas zonas de perigo, exceto se atenderem o subitem 12.7.8 e seus subitens, desta NR: a) enclausuramento da zona de perigo, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos, conforme subitem 12.5.1.1 desta NR, constituído de proteções fixas, conforme item 12.5 - Sistemas de Segurança e seus subitens; ou	X	
5.2	b) enclausuramento da zona de perigo, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos, conforme subitem 12.5.1.1 desta NR, constituído de proteções fixas e proteções móveis dotadas de intertravamento, conforme item 12.5 - Sistemas de Segurança e seus subitens; ou	-	-

ITEM	CHECKLIST NR 12 DOBRADEIRA HIDRÁULICA	CONDIÇÃO	
		5	29
	DESCRIÇÃO	OK	NOK
5.2	c) sensores de segurança conforme item 12.5 - Sistemas de Segurança e seus subitens.	-	-
5.4	Quando utilizadas proteções móveis ou sensores de segurança previstos nas alíneas “b” e “c” do subitem 5.2 deste Anexo, conforme indicado pela apreciação de risco e em função da categoria de segurança requerida, os dispositivos hidráulicos devem possuir uma das seguintes concepções: a) para categoria 4: duas válvulas hidráulicas de segurança monitoradas dinamicamente e ligadas em série ou bloco hidráulico de segurança;		X
5.4	b) para categoria 3: uma válvula hidráulica de segurança monitorada dinamicamente e uma válvula convencional em série;	-	-
5.4	c) para categoria 2: uma válvula hidráulica de segurança monitorada dinamicamente ou uma válvula hidráulica convencional com verificação de funcionamento periódico.	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE B – CHECKLIST DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NR 12
PARA A GUILHOTINA**

ITEM	CHECKLIST NR 12 GUILHOTINA DE CHAPAS METÁLICAS	CONDIÇÃO	
		1	19
	DESCRIÇÃO	OK	NOK
12.3.8	São proibidas nas máquinas e equipamentos: a) a utilização de chave geral como dispositivo de partida e parada;		X
12.4.2	Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.		X
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.		X
12.5.1.1	Quando utilizadas proteções que restringem o acesso do corpo ou parte dele, devem ser observadas as distâncias mínimas conforme normas técnicas oficiais ou normas internacionais aplicáveis.		X
12.5.2	Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos: a) ter categoria de segurança conforme apreciação de riscos prevista nas normas técnicas oficiais;		X
12.5.2	b) estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado;		X
12.5.2	c) possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;		X
12.5.2	d) instalação de modo que dificulte a sua burla;		X
12.5.2	e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, se indicado pela apreciação de risco, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos; e		X
12.5.2	f) paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho.		X
12.5.5	Os componentes relacionados aos sistemas de segurança e comandos de acionamento e parada das máquinas, inclusive de emergência, devem garantir a manutenção do estado seguro da máquina ou equipamento quando ocorrerem flutuações no nível de energia além dos limites considerados no projeto, incluindo o corte e restabelecimento do fornecimento de energia.		X
12.5.6	A proteção deve ser móvel quando o acesso a uma zona de perigo for requerido mais de uma vez por turno de trabalho, observando-se que: a) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco; e		X

ITEM	CHECKLIST NR 12 GUILHOTINA DE CHAPAS METÁLICAS	CONDIÇÃO	
		1	19
	DESCRIÇÃO	OK	NOK
12.5.6	b) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco.		X
12.5.7	As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem: a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;		X
12.5.7	b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e		X
12.5.7	c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas.	X	
12.5.9	As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, desde que ofereçam risco, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.		X
12.5.9.1	Quando utilizadas proteções móveis para o enclausuramento de transmissões de força que possuam inércia, devem ser utilizados dispositivos de intertravamento com bloqueio.		X
ANEXO VIII PRENSAS E SIMILARES			
3.1.2	Nas guilhotinas cujo acionamento do sistema de engate seja efetuado por chaveta ou acoplamento mecânico similar associado a freio de cinta, aplica-se a alínea "a" do subitem 2.2 deste Anexo.		X
3.2.1	As guilhotinas devem possuir sistema de segurança que impeça o acesso pelas laterais e parte traseira da máquina às zonas de perigo, conforme item 12.5 - Sistemas de Segurança e seus subitens.		X

Fonte: Elaborado pelo autor.